

Staal

Kennis van bevestigingsmateriaal



de Blauwe Hond

in Hoboken

Boombekelaan 1 • KMO-zone Polderstad • 2660 Hoboken-Antwerpen

Tel. 03 260 90 70

Fax 03 260 90 79

info@deBlauweHond.be

www.deBlauweHond.be



de Blauwe Hond

in Hoboken

Boombekelaan 1 • KMO-zone Polderstad • 2660 Hoboken-Antwerpen

Tel. 03 260 90 70

Fax 03 260 90 79

info@deBlauweHond.be

www.deBlauweHond.be

Inhoud

STAAL	1
NIET GELEGEERD STAAL	2
ROESTVAST STAAL	3
ANDERE GELEGEERDE STAALSOORTEN	3
DE INVLOED VAN LEGERINGELEMENTEN	4
KOOLSTOF (C).....	4
NIKKEL (NI)	4
CHROOM (CR)	4
MOLYBDEEN (MO).....	4
MANGAAN (MN).....	4
TITANIUM (TI).....	4
BOOR (B)	4
STAAL VOOR BEVESTIGINGSMATERIALEN	5
WARMTEBEHANDELING	6
GLOEIEN.....	6
NORMALISEREN (REKRISTALLISEREN)	7
SPANNINGSARM GLOEIEN.....	7
HARDEN.....	7
ONTLATEN.....	7
HARDEN EN ONTLATEN (QT)	8
INZETHARDEN.....	8
INDUCTIEHARDEN	8
(RAND-)ONTKOLING.....	10
MASTERS IN STAINLESS STEEL FASTENERS	11
TECHNISCHE INFORMATIE	11
AANDUIDINGSSYSTEEM STERKTEKLASSEN.....	12
AUSTENITISCH ROESTVAST STAAL.....	12
A1.....	12
A2.....	12
A3.....	12
A4.....	12
A5.....	12
HET VRETEN VAN ROESTVASTSTAAL	13
INTRODUCTIE.....	13
WAT VEROORZAAKT VRETEN?	14
PRODUCTEN/ SITUATIES DIE KANS OP VRETEN KUNNEN VERGROTEN.....	14
VREETVERSCIJNSELEN VERMINDEREN	16
CONCLUSIE	16
TOEPASSINGEN VAN RVS BEVESTIGINGSMATERIALEN IN OVERDEKTE ZWEMBADEN ...	17
HET PROBLEEM	17
INVLOEDSGEBIED.....	17
GEBIEDSINDELING	17
GEBIED A.....	18



de Blauwe Hond

in Hoboken

Boombekelaan 1 • KMO-zone Polderstad • 2660 Hoboken-Antwerpen

Tel. 03 260 90 70

Fax 03 260 90 79

info@deBlauweHond.be

www.deBlauweHond.be

GEBIED B.....	18
GEBIED C.....	18
MATERIAALKEUZE.....	18
AANVULLENDE INFORMATIE	18
BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4529 STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN.....	19
BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4547 (254SMO) STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN.....	19
OVERIGE RISICOSITUATIES VOOR CHLORIDE SPANNINGSCORROSIE.....	19
CONCLUSIE.....	19
TOEPASSINGEN VAN RVS BEVESTIGINGSMATERIALEN IN OVERDEKTE ZWEMBADEN... 20	20
HET PROBLEEM.....	20
INVLOEDSGEBIED	20
GEBIEDSINDELING	20
GEBIED A.....	21
GEBIED B.....	21
GEBIED C.....	21
MATERIAALKEUZE.....	21
AANVULLENDE INFORMATIE	21
BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4529 STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN.....	22
BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4547 (254SMO) STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN.....	22
OVERIGE RISICOSITUATIES VOOR CHLORIDE SPANNINGSCORROSIE.....	22
CONCLUSIE.....	22
OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN VOOR BEVESTIGINGSMATERIALEN 23	23
DE MEEST GEBRUIKTE OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN TER BESCHERMING VAN BEVESTIGINGSMATERIALEN.....	24
INFORMATIE OVER WETGEVING.....	24
ELEKTROLYTISCH AANBRENGEN VAN ZINK OF VAN EEN ZINKLEGERING	24
HET ELEKTROLYTISCH VERZINKPROCES.....	24
PASSIVATIE (CHROMATEREN)	25
WITTE/BLAUWE PASSIVATIE	25
ZWARTE PASSIVATIE.....	25
GELE PASSIVATIE.....	25
(OLIJF-) GROENE PASSIVATIE.....	25
PASSIVATIE MET DRIEWAARDIG CHROOM (CR(III))	25
WATERSTOFBROSHEID	26
CODEERSYSTEEM VOOR ELEKTROLYTISCH AANGEBRACHTTE OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN ..	27
TABLE 1 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999	27
TABEL 2 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999	27
TABLE 3 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999	28
BEPERKINGEN VAN DE LAAGDIKTE.....	29
MEETPUNTEN VOOR LAAGDIKTE.....	31
MECHANISCH VERZINKEN..... 31	31
THERMISCH VERZINKEN 31	31
BELASTBAARHEID VAN THERMISCH VERZINKTE BEVESTIGINGSMATERIALEN.....	32
ATMOSFERISCHE CORROSIE BIJ THERMISCH VERZINKT STAAL.....	33
INVLOED VAN HET KLIMAAT OP DE BESCHERMINGSDUUR VAN THERMISCH VERZINKT STAAL	33



ZELFHERSTELLEDE WERKING VAN THERMISCH VERZINKTE BEVESTIGINGSMATERIALEN	33
VERVEN VAN THERMISCH VERZINKTE OPPERVLAKTEN.....	34
ZINKLAMELLEN COATINGS	34
SCHEMATISCHE ZINKLAMELLEN LAAG	35
ZOUTNEVELTEST (ZOUTSPROEITEST).....	35
GEBRUIKELIJKE OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN IN VOLGORDE VAN STIJGENDE CORROSIEWEERSTAND.....	36
ANTI-VREET COATINGS.....	36
HET LOSLOPEN VAN SCHROEFDRAAD EN BORGING	36
EEN GOEDE VERBINDING IS HET HALVE WERK.....	37
WAAROM SCHROEFDRAADVERBINDINGEN?.....	37
LOSRAKENDE SCHROEFDRAADVERBINDINGEN	37
EEN CORRECTE KLEMKRACHT IN DE VERBINDING IS VAN LEVENSBELANG!	37
HET KRACHTENSPEL IN EEN BOUTVERBINDING.....	38
EEN SCHROEFDRAADVERBINDING IS EEN ELASTISCH VEREND GEHEEL	38
DOOR TOEPASSING VAN EEN MEER ELASTISCHE BOUT IS DE VERHOGING VAN DE BOUTBELASTING KLEINER.	41
IN HET KORT	42
WAAROM RAKEN SCHROEFDRAADVERBINDINGEN LOS?	42
LOSSEN DOOR RELAXATIE EN KRUIP	43
IN HET KORT	44
VANZELF LOSDRAAIEN	45
IN HET KORT	45
HET BORGEN VAN SCHROEFDRAADVERBINDINGEN.....	46
JUNKERS MACHINE	46
CONCLUSIE.....	48
IMPERIAL (INCH-)BEVESTIGINGSMATERIALEN	48
MAATSYSTEMEN.....	48
POPULAIRE INCH SCHROEFDRAAD TYPES.....	49
UNIFIED INCH SCHROEFDRAAD - NATIONAL COARSE (UNC) EN CONSTANT PITCH (8UN).....	49
UNIFIED INCH SCHROEFDRAAD - NATIONAL FINE (UNF) EN EXTRA FINE (UNEF)	49
BRITISH STANDARD WHITWORTH (BSW OF WW) SCHROEFDRAAD	50
BRITISH STANDARD FINE (BSF) SCHROEFDRAAD	51
PIJPSCHROEFDRAAD (BSP)	51
NORMEN VOOR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN EN HUN MATERIALEN.....	52
MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN	52
TOEPASSINGSGBIEDEN VOOR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN.....	54
BEDRIJFSTAKKEN WAAR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN REGELMATIG VOORKOMEN	54
VERANKERINGEN.....	55
BASIS VOOR BETROUWBARE CONSTRUCTIES	55
VERANKERINGEN ALS BASIS VOOR EEN BETROUWBARE CONSTRUCTIE	55
TYPEN VERANKERINGEN.....	55
BELASTING VAN EEN VERANKERING.....	56
BOUWMATERIALEN: VERANKERINGSONDERGROND	57
PLAATELEMENTEN	57



DICHTE STRUCTUUR.....	58
METSELWERK.....	58
OPEN STRUCTUUR.....	58
BETON.....	58
DRUKZONE EN TREKZONE BIJ VERANKERING.....	58
KANAALPLAATELEMENTEN.....	59
BEZWIJKMECHANISMEN.....	59
BETONKEGELBREUK.....	59
SPLIJTEN.....	59
ERUIT TREKKEN VAN VERANKERING.....	59
STAALBREUK.....	59
MONTAGE.....	60
MONTAGEMETHODEN.....	60
VOORMONTAGE.....	60
DOORSTEEKMONTAGE.....	60
AFSTANDMONTAGE.....	61
VOORWAARDEN VOOR EEN JUISTE MONTAGE.....	61
RAND- EN ASAFSTANDEN.....	61
BOOR- EN MONTAGEDIEPTE.....	61
BOORGATREINIGING.....	61
KLEMBEREIK.....	62
CORROSIE.....	62
BRANDWERENDHEID.....	62
RICHTLIJNEN voor ZWARE VERANKERINGEN.....	62
RICHTLIJNEN.....	62
GOEDKEURINGEN.....	63
BEREKENINGSMETHODE.....	63
PRAKTIJK.....	64



de Blauwe Hond

in Hoboken

Boombekelaan 1 • KMO-zone Polderstad • 2660 Hoboken-Antwerpen

Tel. 03 260 90 70

Fax 03 260 90 79

info@deBlauweHond.be

www.deBlauweHond.be

STAAL

Laten we eens kijken naar een van de belangrijkste onderwerpen voor bevestigingsmaterialen: staal! Staal is de basis voor de meeste bevestigingsmaterialen. Wanneer we spreken over staal bedoelen we een metaal dat ijzer (Fe) en koolstof (C) bevat.

Er zijn veel soorten staal, en de soorten gebruikt voor de fabricage van bevestigingsmaterialen zijn smeedbaar – koud vormen is tenslotte de meest efficiënte productiemethode. Sommige bevestigingsmaterialen zijn echter gemaakt van andere soorten staal, zoals gietstaal of verenstaal.

Stalen bevestigingsmaterialen met hoge mechanische eigenschappen als sterkteklasse 8.8, 10.9 of 12.9 zijn gehard en ontlaten (QT).

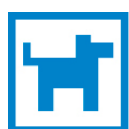
Omdat de meeste staalsoorten een geringe corrosieweerstand hebben worden bevestigingsmaterialen vaak voorzien van een beschermende metallische oppervlaktelaag (bijvoorbeeld zink) om hun levensduur te verlengen.

Stalen bevestigingsmaterialen worden veelal op voorraad gehouden in verschillende sterkteklassen. De sterkteklasse identificeert de sterkte van een bevestigingsmateriaal.

Volgens de Europese Norm EN 10020 is staal een "materiaal dat in haar massa meer ijzer (Fe) bevat dan andere aanwezige elementen, met een koolstofgehalte (C) van over het algemeen minder dan 2%. Een beperkt aantal chroomstalen bevat meer dan 2% koolstof, maar 2% geldt als de gebruikelijke grens tussen staal en gietijzer". Als we spreken over staal bedoelen we meestal een legering van ijzer (Fe) en koolstof (C). De andere elementen kunnen invloed hebben op de kenmerken en eigenschappen van het staal. Bevestigingsmaterialen zijn meestal van staal, en daarom is de aanduiding ijzeren bouten niet correct!

EN 10020 biedt een uitgebreid classificatiesysteem en onderscheidt drie basistypen staal:

Niet-gelegeerd staal – staalsoorten waarin geen van de aanwezige elementen de grenswaarden in de onderstaande tabel overschrijden:



Element		Grenswaarde (in massaprocenten)
Al	Aluminium	0,3%
B	Boron	0,0008%
Bi	Bismut	0,1%
Co	Kobalt	0,3%
Cr	Chroom	0,3%
Cu	Koper	0,4%
La	Lanthaniden (elk)	0,1%
Mn	Mangaan	1,65%
Mo	Molybdeen	0,08%
Nb	Niobium	0,06%
Ni	Nikkel	0,3%
Pb	Lood	0,4%
Se	Selenium	0,1%
Si	Silicium	0,6%
Te	Tellurium	0,1%
Ti	Titanium	0,05%
V	Vanadium	0,1%
W	Wolfraam	0,3%
Zr	Zirkonium	0,05%
	Overige (behalve koolstof, fosfor, zwavel, stikstof) (elk)	0,1%

Roestvast staal (RVS) – staal met minimaal 10,5% chroom en maximaal 1,2% koolstof.

Andere gelegeerde staalsoorten – staal dat niet voldoet aan de definitie van roestvast staal en waarin minstens één element van de bovenstaande tabel voorkomt met een aandeel dat groter is dan de grenswaarde in deze tabel.

NIET GELEGEERD STAAL

Niet-gelegeerd staal wordt verder onderverdeeld in niet-gelegeerd kwaliteitsstaal en niet-gelegeerd speciaal staal. Kwaliteitsstaal heeft specifieke eigenschappen zoals taaiheid, vervormbaarheid en beheerste korrelgrootte.

Speciale staalsoorten bezitten over het algemeen een hogere graad van interne zuiverheid ten aanzien van niet-metalen insluitsels. Zij zijn bij uitstek geschikt voor warmtebehandelingen als harden en ontlaten (quenching and tempering, QT) en inzetharden omdat de chemische samenstelling en het productieproces nauwkeurig worden beheerst. Het fosfor- en zwavelgehalte kan bijvoorbeeld tot een maximum beperkt worden en zij kunnen, na een warmtebehandeling, voldoen aan specifieke eisen. Hierdoor wordt zeker gesteld dat het staal na koudvervorming en een aanvullende warmtebehandeling steeds zal voldoen aan de vereisten voor rekgrens, treksterkte en kerfslagwaarde.



ROESTVAST STAAL

Roestvast staal is onderverdeeld volgens twee criteria:

- Op basis van het nikkelgehalte
 - Minder dan 2,5% nikkel
 - Meer dan 2,5% nikkel
- Op basis van de belangrijkste eigenschappen
 - Corrosiebestendigheid
 - Hittebestendigheid
 - Kruipweerstand

ANDERE GELEGEERDE STAALSOORTEN

De andere gelegeerde staalsoorten worden op gelijke wijze als niet-gelegeerde staalsoorten onderverdeeld in kwaliteits- en speciaal gelegeerd staal. Gelegeerd kwaliteitsstaal is over het algemeen niet bestemd voor een aanvullende warmtebehandeling als harden en ontlaten of oppervlakteharden, maar er worden wel eisen gesteld aan taaiheid, vervormbaarheid en korrelgrootte.

Alle andere staalsoorten vallen onder de noemer speciaal gelegeerd staal – ze delen dezelfde eigenschappen op het gebied van zuiverheid en nauwkeurig bepaalde mechanische eigenschappen met de speciale niet-gelegeerde staalsoorten.

De aanduiding van de verschillende staalsoorten is genormaliseerd in EN 10027. Deze norm bestaat uit twee delen.

Deel 1 behandelt het systeem waarbij staalsoorten door een symbolische alfanumerieke code (als bijvoorbeeld C10C of S235JR of 34CrNiMo6) worden aangeduid. Deze staalnaam specificeert de toepassing en de belangrijkste karakteristieken (chemische samenstelling en mechanische eigenschappen).

Deel 2 biedt een numeriek systeem dat bestaat uit een materiaalgroepsnummer (één cijfer), een punt en nog 6 cijfers (een staalgroep nummer van 2 cijfers en een volgnummer van maximaal 4 cijfers). Dit systeem is gebaseerd op het van oorsprong Duitse “Werkstoff” nummeringsysteem. De laatste twee cijfers worden meestal weggelaten (zij duiden het productieproces en de warmtebehandelingstoestand aan). Materiaalnummers voor de bovengenoemde staalnamen zijn respectievelijk 1.0214, 1.0038 en 1.6582.



DE INVLOED VAN LEGERINGELEMEN- TEN

Een korte opsomming van een aantal (legering-)elementen en hun specifieke invloed op staal.

KOOLSTOF (C)

Koolstof is het belangrijkste element en heeft een grote invloed op de mechanische eigenschappen. In bevestigingsmaterialen varieert het percentage koolstof tot maximaal 0,5%. Een verhoging van het koolstofaandeel vertaalt zich direct in een hogere treksterkte, maar dit gaat ten koste van de vervormbaarheid. Vanaf een aandeel van $\pm 0,3\%$ kan het staal effectief warmtebehandeld worden.

NIKKEL (NI)

Nikkel verbetert de doorharding, de taaiheid bij lage temperaturen en de niet-magnetische eigenschappen. Een combinatie van minimaal 8% Ni en ca. 18% Cr levert het belangrijke austenitische RVS type A2 op.

CHROOM (CR)

Chroom verhoogt ook de hardbaarheid en de treksterkte. Volgens EN 10020 kan staal alleen als RVS gekwalificeerd worden als het minimaal 10,5% Cr bevat.

MOLYBDEEN (MO)

Molybdeen verbetert de hardbaarheid en draagt bij aan de vermindering van brosheid tijdens het ontlaten. Dit maakt het staal beter bestendig tegen hoge temperaturen. De weerstand tegen agressieve corrosie wordt aanzienlijk verhoogd als er 2-3% Mo wordt toegevoegd aan een legering met $\pm 18\%$ Cr and $\pm 12\%$ Ni. Van dit veel toegepaste type austenitisch RVS worden bevestigingsmaterialen in RVS A4 gemaakt.

MANGAAN (MN)

Mangaan net als de elementen silicium (Si), fosfor (P) en zwavel (S), is gewoonlijk alleen in staal aanwezig als sporenelement of onzuiverheid. Als Mn opzettelijk wordt toegevoegd zullen hardbaarheid en treksterkte toenemen. Het staal wordt echter wel brosser en gevoeliger voor oververhitting.

TITANIUM (TI)

Titanium wordt gebruikt als stabilisator tegen interkristallijne corrosie in onder meer RVS. De elementen niobium en tantalium hebben eenzelfde effect.

BOOR (B)

Zeer kleine hoeveelheden van ongeveer 0,002% tot 0,003% boor verbeteren de hardbaarheid aanzienlijk. Hierdoor kan het koolstofgehalte beperkt blijven wat de vervormbaarheid ten goede komt. In korte tijd is boorstaal daarom zeer populair geworden als basismateriaal voor koudgevormde en veredelde (QT) bevestigingsmaterialen.



STAAL VOOR BEVESTIGINGSMATERIALEN

Internationale normen voor bevestigingsmaterialen verwijzen niet naar de specifieke normen voor staal dat als basismateriaal gebruikt moet worden. ISO 898-1, de norm voor chemische samenstelling en mechanische eigenschappen van bevestigingsmaterialen met externe schroefdraad geeft bijvoorbeeld slechts de grenswaarden voor de chemische samenstelling en de minimale ontlaattemperatuur voor de onderscheiden sterkteklassen van bouten, schroeven en draadstangen aan. In Europa is het gebruikelijk te verwijzen naar Europese staalnormen (EN-normen), maar buiten Europa gelden ook andere normen. Over het algemeen is het aan de fabrikant te beslissen welk basismateriaal hij inzet, zolang zijn eindproduct maar voldoet aan alle eisen vastgelegd in de van toepassing zijnde productnormen. In deze publicatie wordt verwezen naar staalsoorten volgens Europese normen, maar dat betekent geenszins een beperking voor het gebruik van wereldwijd toegepaste staalsoorten voor DIN- of ISO gestandaardiseerde bevestigingsmaterialen.

Niet-gelegerde staalsoorten worden vaak gebruikt voor de fabricage van ankerstangen of pennen. Deze staalsoort is gestandaardiseerd in EN 10025-2. De staalnaam verwijst naar de vloeigrens van het staal, zoals S355. De vloeigrens van dit type is 355 MPa (N/mm²) voor diameters t/m 16 mm. De vloeigrens neemt af bij grotere diameters. Aanvullende letters en cijfers geven informatie over de eisen aan de kerfslagtaaiheid en de testtemperatuur; bijvoorbeeld S235J2 moet een kerfslagwaarde van minimaal 27J behalen bij - 20°C. “Oude” aanduidingen als St37-2 of St52-3 worden sporadisch nog gebruikt; het cijfer in hun naamgeving (37 resp. 52) geeft de minimale treksterkte aan in kgf/mm² (wat ongeveer overeenkomt met 360 MPa resp. 510 MPa).

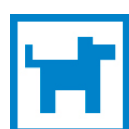
Omdat de meeste bevestigingsmaterialen koud gevormd worden zijn er normen ontwikkeld voor staal dat specifiek geschikt is voor dit productieproces. De normenserie EN 10263 (delen 1 t/m 5) informeren over de technische leveringscondities en eigenschappen van staal dat niet bedoeld is om na het koud vormen warmtebehandeld te worden, inzethardbaar staal, staal geschikt voor harden en ontlaten (QT) en roestvast staal. Alle staaltypes behandeld in deze normserie zijn gekalmeerd staal (gedesoxideerd, killed) – na het raffineren koelt het staal geleidelijk af zonder “kookreactie” als gevolg van de toevoeging van aluminium, ferrosilicium en mangaan waardoor een betere structuur ontstaat.

Staal volgens EN 10263-2 is niet-gelegerd of gelegerd kwaliteitsstaal. De norm bevat staalsoorten met namen als C8C en C10C. Het getal geeft een indicatie van het koolstofgehalte; dit is ongeveer gelijk aan dit getal gedeeld door 100, C10C heeft bijvoorbeeld een koolstofgehalte van ca 0,10%. Legeringelementen zijn Si, Mn, P, S en Al. Het aluminium kan vervangen worden door andere elementen die een soortgelijk (desoxiderend-) effect hebben. Deze staalsoorten worden gebruikt voor de productie van bevestigingsmaterialen met lage sterkte zoals klinknagels.

EN 10263-3 behandelt niet-gelegerd kwaliteitsstaal en gelegerd speciaalstaal, bedoeld voor inzetharden na vorming. In de naamgeving zijn de belangrijkste legeringelementen verwerkt, bijvoorbeeld 22MnB4. Het eerste getal geeft weer het koolstofgehalte x 100 aan (C ± 0,22%). Dan volgen de belangrijkste legeringelementen, en het laatste getal of getallen geven een indicatie van het gehalte van het belangrijkste legeringelement – of de belangrijkste legeringelementen – vermenigvuldigd met een factor die afhangt van het betreffende element:

- Vermenigvuldigd met 4 voor Cr, Co, Mn, Ni, Si, W
- Vermenigvuldigd met 10 voor Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb
- Vermenigvuldigd met 100 voor Ce, N, P, S, C
- Vermenigvuldigd met 1000 voor B.

Er is dus ongeveer $4/4 = 1\%$ Mn aanwezig in 22MnB4. Inzethardbaar staal heeft over het algemeen een betrekkelijk laag koolstofgehalte, maar verkrijgt een zeer harde, slijtvaste oppervlakte door het toevoegen van koolstof tijdens de warmtebehandeling. Deze staalsoorten worden gewoonlijk gebruikt voor de fabricage van geharde pennen, draadvormende schroeven, boorschroeven, plaat-schroeven e.d.



Staalsoorten bedoeld voor veredeling (harden en ontlaten, QT) na vorming zijn opgenomen in EN 10263-4. Dit zijn alle niet-gelegeerde of gelegeerde speciaal staalsoorten. Zij worden ook wel aangeduid met de term engineering steels. Hun chemische samenstelling maakt ze bij uitstek geschikt voor veredeling en zorgt voor een taaie structuur bij een bepaalde treksterkte na het harden en ontlaten. Dit deel van de serie EN 10263 bevat staalsoorten met namen als 25CrMo4 en 42CrMo4 en met boor gelegeerde soorten als 28B2 en 20MnB4. De chemische samenstelling kan weer uit de namen worden opgemaakt - 42CrMo4 (of 1.7225) bevat $\pm 0,42\%$ koolstof en $\pm 1\%$ chroom, 28B2 (of 1.5510) bevat $\pm 0,28\%$ koolstof en $0,002\%$ boor.

Het laatste deel van de serie EN 10263 bevat informatie over roestvast staal. Dit is gelegeerd staal met minmaal $10,5\%$ chroom en maximaal $1,2\%$ koolstof. De staalnamen beginnen allemaal met de letter X, die aangeeft dat het staal minimaal één legeringelement bevat met een aandeel van meer dan 5% . Natuurlijk is één van deze elementen chroom, maar bij austenitische staalsoorten ligt ook het nikkelgehalte boven de 5% . De eerder genoemde conventie met factoren is niet van toepassing op de naamgeving van deze staalsoorten – de getallen aan het eind van de staalnaam geven het gemiddelde gehalte aan van de belangrijkste legeringelementen als een percentage. Dus X5CrNi18-10 betekent $\pm 0,05\%$ koolstof, $\pm 18\%$ chroom en $\pm 10\%$ nikkel, en X3CrNiCuMo17-11-3-2 bevat $\pm 0,03\%$ C, $\pm 17\%$ Cr, $\pm 11\%$ Ni, $\pm 3\%$ Cu en $\pm 2\%$ Mo.

Andere staalsoorten voor bevestigingsmaterialen zijn bijvoorbeeld automatenstaal en koude- of hittebestendig staal. De Europese norm voor automatenstaal is EN 10087. Automatenstaal wordt gekarakteriseerd door de goede verspaanbaarheid. Dit wordt bereikt door het opzettelijk verhogen van het zwavelgehalte tot maximaal $0,34\%$ en/of het toevoegen van lood. Een populair type automatenstaal voor bevestigingsmaterialen is 11SMn30 met een koolstofgehalte van $\leq 0,13\%$ en met ongeveer $0,3\%$ zwavel, of de loodhoudende variant 11SMnPb30. Bevestigingsmaterialen worden vervaardigd uit automatenstaal in koud getrokken toestand. Omdat de productie van bevestigingsmaterialen op automatische draaibanken niet meer de meest efficiënte methode is wordt dit proces meestal alleen nog gebruikt voor kleine productiehoeveelheden en voor eindproducten die moeilijk koud te vormen zijn, bijvoorbeeld door hun complexe vorm. Sommige automatenstalen kunnen inzetgehard worden, maar over het algemeen heeft dit type staal beperkte mechanische eigenschappen.

Austenitische staalsoorten hebben typische eigenschappen die hen geschikt maken voor gebruik bij lage temperaturen (tot -200°C) en andere gelegeerde staalsoorten zijn bestand tegen temperaturen tot 700°C . Deze staalsoorten zijn gehard en ontlaten of hebben een austenitische structuur. Nikkellegeringen (met een nikkelgehalte van meer dan 50%) zijn eveneens geschikt voor gebruik bij hoge temperaturen, maar horen strikt genomen niet als staal te worden aangeduid omdat het hoofdelement nikkel is, en niet ijzer.

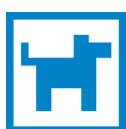
Voor bevestigingsmaterialen in deze speciale staalsoorten bestaan de normen DIN 267-13, die de technische- en mechanische eigenschappen bevat, en EN 10269 die de chemische samenstelling en de eisen aan de warmtebehandeling vastlegt.

WARMTEBEHANDELING

Een warmtebehandeling is een thermisch proces dat beoogt de metallurgische (micro-)structuur van staal te wijzigen om zo bepaalde eigenschappen te verkrijgen. Het proces zal de levensduur van een product gunstig beïnvloeden omdat het de sterkte, de oppervlaktehardheid en de temperatuurbestendigheid kan laten toenemen.

GLOEIEN

Het staal wordt gedurende enkele uren op een temperatuur van net onder de 721°C gehouden, waarna het langzaam afkoelt. De structuur van het staal verandert van een hard, lamellair perliet in een zacht, nodulair perliet, de optimale conditie voor de aansluitende koudvervorming.



NORMALISEREN (REKRISTALLISEREN)

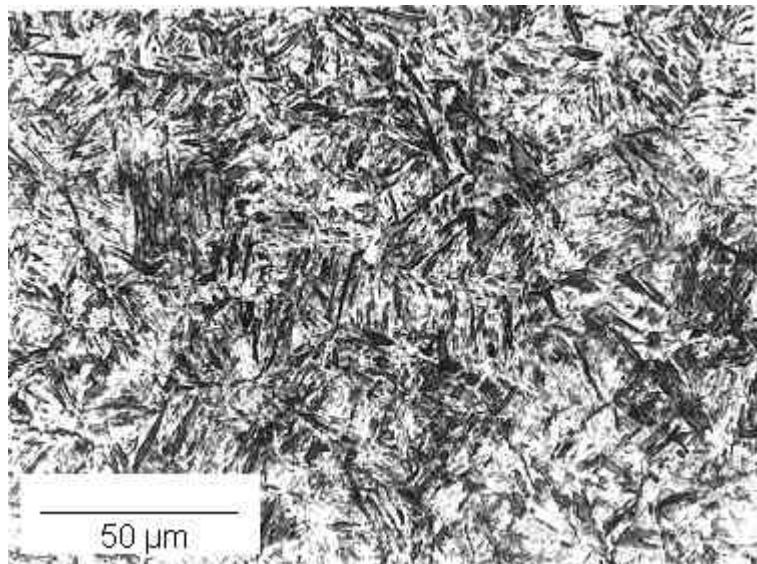
Door het staal kort te verhitten tot 800°C - 920°C en het dan langzaam te laten afkoelen keert de grove, broze korrelstructuur die ontstaan is tijdens het warmwalsen of smeden, van in het bijzonder grote, zware onderdelen, weer terug naar de oorspronkelijke fijne korrelgrootte. Het op deze manier reduceren van de korrelgrootte komt de vloeigrens en de kerfslagtaaiheid van het staal ten goede, zonder de treksterkte significant te verminderen.

SPANNINGSARM GLOEIEN

Tijdens koudvervorming ontstaan interne spanningen in het staal, waardoor de treksterkte toeneemt maar de vloeigrens afneemt. Het verhitten van de bevestigingsmaterialen tot een temperatuur van 550°C - 650°C gedurende circa twee uur verwijdert ongeveer 90% van de inwendige spanningen. De producten moeten langzaam afkoelen in de oven of aan de lucht. De langzame afkoeling is belangrijk om inwendige temperatuurverschillen in het staal te voorkomen waardoor weer interne spanningen kunnen ontstaan. Dit type warmtebehandeling wordt gebruikt voor koudgevormde bevestigingsmaterialen in sterkteklassen 4.6 en 5.6.

HARDEN

Wanneer staal met een minimaal koolstofgehalte van 0,3% verhit wordt tot een temperatuur boven 800°C en vervolgens afgeschrikt wordt in water, olie of een zoutbad, ontstaat een zeer harde maar broze martensitische structuur. De verkregen hardheid is afhankelijk van het koolstofgehalte - hoe meer koolstof des te harder het staal - en het percentage martensiet dat afhankelijk van de kritische koelsnelheid, wordt gevormd in de kern van het materiaal. Dunnere bouten van niet-gelegeerd staal zullen zeer snel tot in de kern worden gekoeld. Bij grotere diameters zal de kern niet snel genoeg afgekoeld worden zodat het nodig is staal met legeringselementen als boor, magnesium, chroom, nikkel en molybdeen, die het doorharden bevorderen doordat ze de kritische koelsnelheid verlagen, in te zetten. Als een staalsoort met de juiste doorhardingseigenschappen wordt gebruikt zal er na afkoeling ongeveer 90% martensiet in de kern van het staal aanwezig zijn. Het medium waarin de producten afgeschrikt worden is ook van invloed op de koelsnelheid. Bevestigingsmaterialen worden meestal gekoeld in olie, want als water zou worden gebruikt –doorgaans een efficiënter koelingmedium – is het ontstaan van scheuren en het kromtrekken van de producten een reëel en geen ondenkbeeldig risico.



Martensite structuur

ONTLATEN

Bij toenemende hardheid zullen echter de inwendige spanningen toenemen en daarmee ook de brosheid van het staal. Daarom volgt meestal direct op het harden een tweede warmtebehandeling,



het ontlaten. Bij temperaturen van rond de 200°C zal de brosheid wat afnemen, maar de hardheid nauwelijks worden aangetast. Ontlaten bij hogere temperaturen (high tempering) resulteert in een duidelijke afname van de inwendige spanningen en de hardheid en verhoogt de taaigheid van het staal.

HARDEN EN ONTLATEN (QT)

Dit is een combinatie van harden en direct daaropvolgend high tempering, voor bevestigingsmaterialen bij een temperatuur van 340°C – 650°C. Dit is de belangrijkste en meest algemeen toegepaste warmtebehandeling voor bevestigingsmaterialen. Er ontstaat een optimaal compromis tussen aan de ene kant een aanvaardbare (hoge) treksterkte en in het bijzonder een gunstige, hoge verhouding rekgrens/treksterkte, en aan de andere kant voldoende taaigheid, die nodig is voor een correcte werking van het bevestigingsproduct dat in staat moet zijn allerlei externe belastingen te kunnen verwerken. Bevestigingsmaterialen in de hogere sterkteklassen 8.8, 10.9 en 12.9 moeten daarom altijd gehard en ontlaten worden.

INZETHARDEN

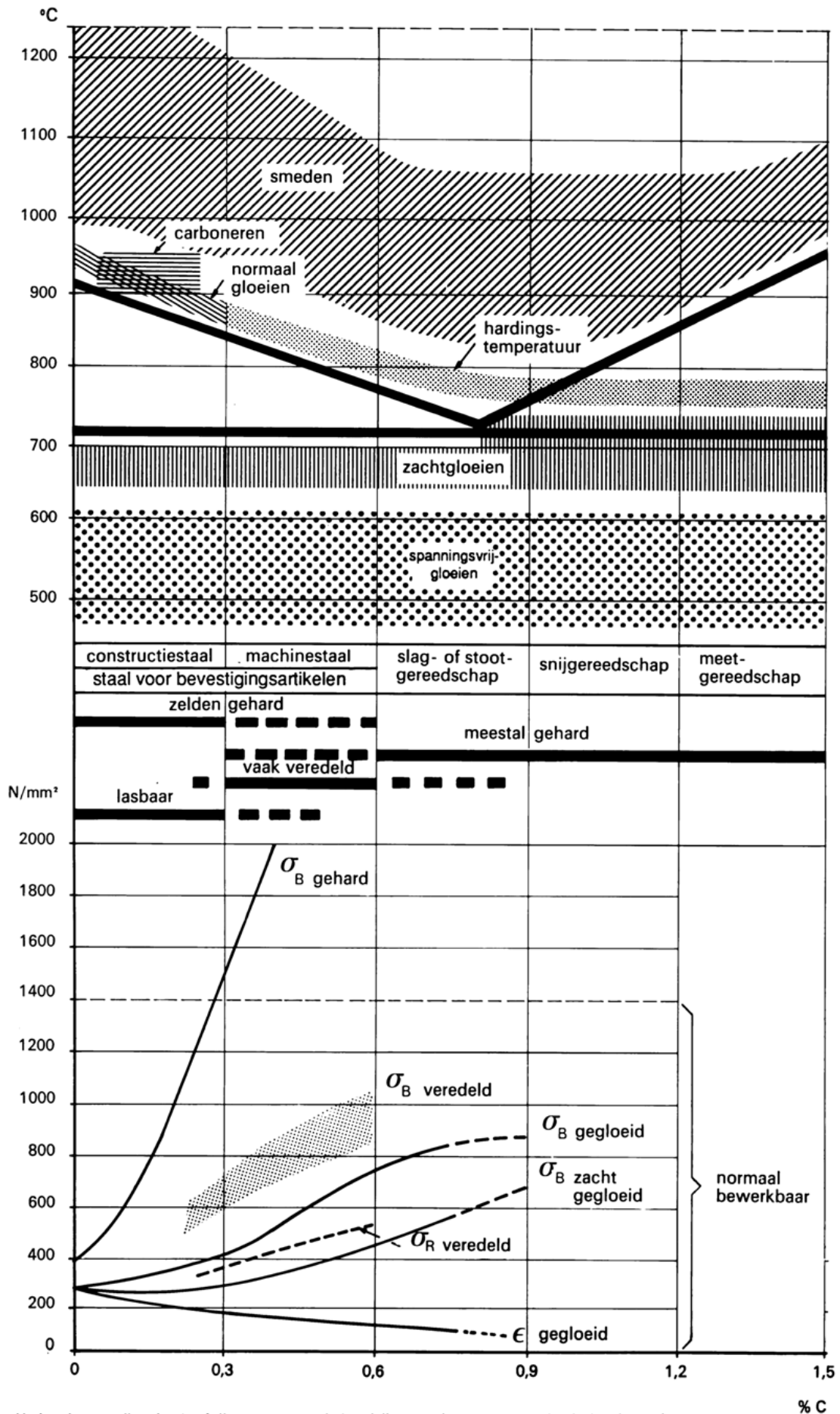
Inzetharden, ook wel aangeduid als carboneren, is een warmtebehandeling in een koolstofhoudend medium. Er vormt zich een dunne, met koolstof verrijkte laag aan het oppervlak van het verhitte staal, dat hierdoor hard en slijtvast wordt, terwijl de kern van het materiaal taai blijft. Dit proces wordt vooral gebruikt voor bevestigingsmaterialen als plaatschroeven, draadvormende- en draadsnijdende schroeven en spaanplaatschroeven. Vergelijkbare warmtebehandelingen zijn carbonitreren, waar gebruik gemaakt wordt van koolstof en stikstof, zoutbadnitreren en nitreren, waarbij uitsluitend stikstof wordt gebruikt.

INDUCTIEHARDEN

Een thermochemische warmtebehandeling voor speciale toepassingen, waarbij zonder toevoeging van gas een harde, slijtvaste laag wordt gevormd aan de oppervlakte van het staal, dat verhit wordt in een inductiespoel die niet in contact komt met het staal. Na het verhitten wordt het product afgeschrikt in olie of water. Deze methode wordt vaak toegepast om plaatselijk het oppervlak van een product slijtvaster te maken en te harden, of als warmtebehandeling voor lange producten zoals draadstangen.

De relatie tussen ijzer en koolstof, warmtebehandelingen, staalsoorten en mechanische eigenschappen wordt geïllustreerd in de onderstaande afbeelding.





Verband tussen ijzer-koolstof diagram, warmtebehandeling, staalsoorten en mechanische eigenschappen



de Blauwe Hond

in Hoboken

Boombekelaan 1 • KMO-zone Polderstad • 2660 Hoboken-Antwerpen

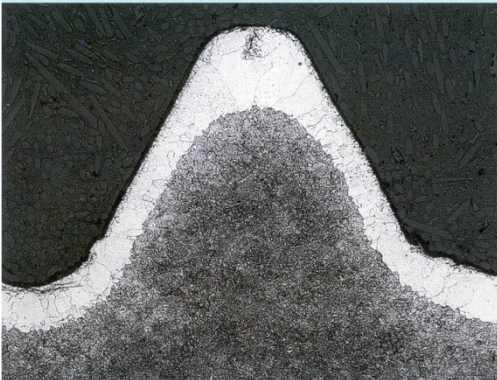
Tel. 03 260 90 70
 Fax 03 260 90 79
 info@deBlauweHond.be
 www.deBlauweHond.be

(RAND-)ONTKOLING

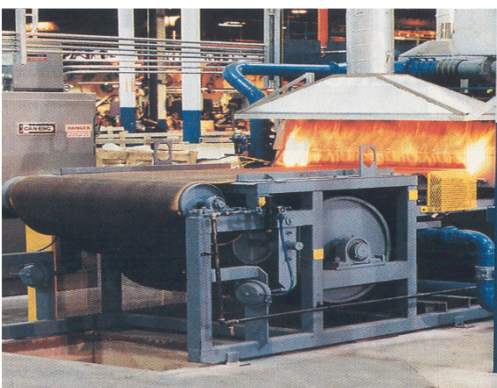
Een warmtebehandeling van staal is niet risicoloos! De consequentie van het niet optimaal beheersen van de procescondities is dat de koolstof, aanwezig aan de oppervlakte van het stalen bevestigingsproduct, oxideert. Hierdoor zal aan de oppervlakte een dunne laag met onvoldoende koolstof ontstaan. De mechanische eigenschappen van het product worden voor een belangrijk deel bepaald door het koolstofgehalte ervan. Omdat er in de dunne laag aan de oppervlakte onvoldoende koolstof aanwezig is kan deze laag niet gehard worden en blijft daardoor relatief zacht. De flankdiameter van de schroefdraad wordt daardoor sterk verzwakt, wat resulteert in een substantiële vermindering van de belastbaarheid van de verbinding. Bovendien zal de wrijving in de schroefdraad die ondervonden wordt bij montage aanzienlijk toenemen, waardoor de verhouding tussen aandraaimoment en voorspanning onbetrouwbaar wordt.

Dit is een onaanvaardbaar verschijnsel voor schroefdraadproducten, dat onvermijdelijk zal leiden tot het strippen van de schroefdraad als de verbinding belast wordt. Van buitenaf is het onmogelijk te zien of er sprake is van ontkoling en de schroefdraad stript niet altijd tijdens montage, waardoor de ontkoling ontdekt zou kunnen worden voordat er rampen gebeuren...

Ontkoling kan alleen gedetecteerd worden met de microscopische test en/of de hardheidsmeting zoals beschreven in de norm EN ISO 898-1. In de afbeelding van een schliff, gemaakt voor een hardheidsmeting ter controle van eventuele randontkoling, is de volledig ontkoolde zone duidelijk waarneembaar als de witte rand aan de buitenkant van de schroefdraadtop.



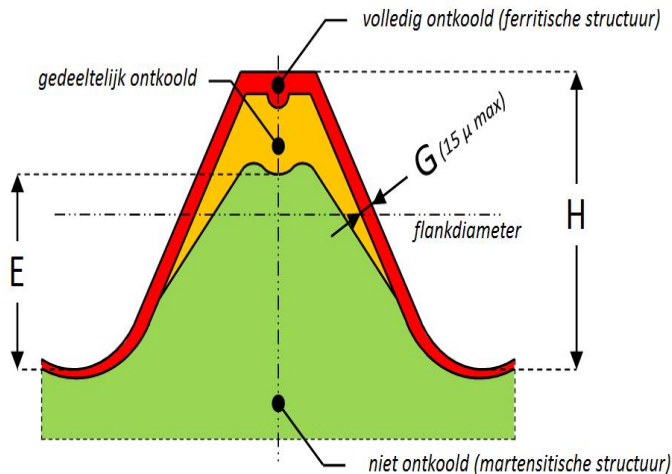
Om randontkoling te voorkomen worden bevestigingsmaterialen altijd warmtebehandeld (gehard en ontlaten) in een oven met een beschermende atmosfeer (bijvoorbeeld een inert gas), waardoor gewaarborgd wordt dat het koolstofgehalte op het niveau blijft dat vereist is voor de staalsoort die warmtebehandeld wordt. De meeste hardings- en ontlatovens zijn bovendien voorzien van een z.g. vuurgordijn dat voorkomt dat er zuurstof in de oven binnendringt.



De norm EN ISO 898-1 bevat strikte voorschriften met betrekking tot randontkoling. Onderstaande afbeelding geeft een overzicht van deze eisen.



Hoewel de norm toestaat dat er een zekere mate van gedeeltelijke - en volledige randontkoling optreedt, zijn de grenswaarden hiervoor duidelijk aangegeven. Onafhankelijk van de sterkteklasse (8.8, 10.9 of 12.9) mag ter plaatse van de flankdiameter van de schroefdraad de dikte van de volledig ontkoelde laag (G) nooit meer dan 15 µm bedragen. Bovendien specificeert de norm nog de hoogte E van de niet-ontkoelde zone; voor bijvoorbeeld sterkteklasse 8.8 moet deze hoogte minimaal $\frac{1}{2} H$ bedragen, waarbij H gelijk is aan de hoogte van de externe schroefdraad in de maximale materiaalconditie.



MASTERS IN STAINLESS STEEL FASTENERS

TECHNISCHE INFORMATIE

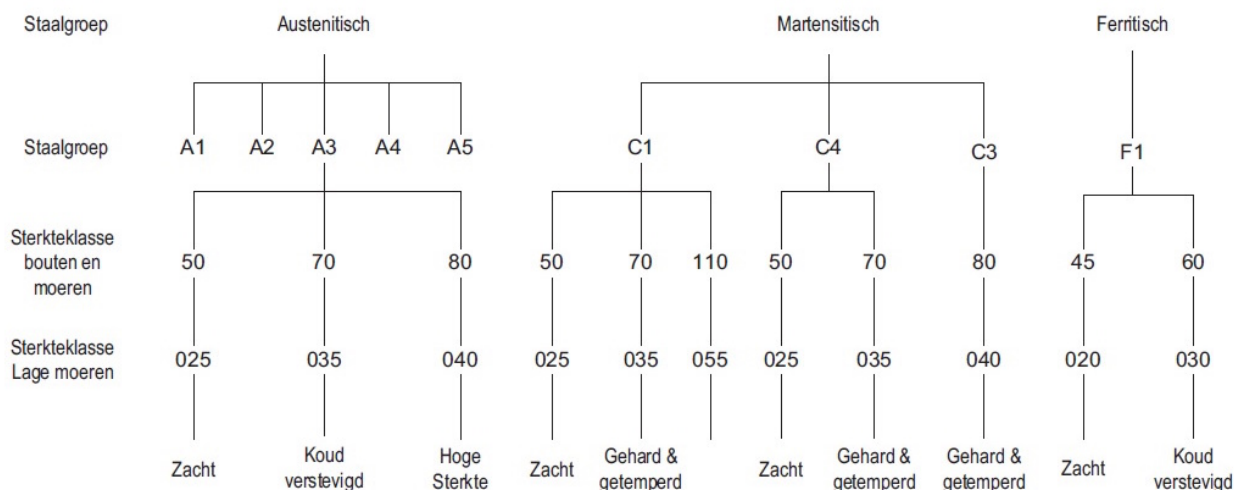
Roestvast staal staat bekend om de lange levensduur, minimaal onderhoud en een hoge corrosieweerstand. Voorwaarde hiervoor is wel dat er gekozen wordt voor het juiste staaltype. De term "ROESTVAST" staal wordt gebruikt om te refereren aan een brede reeks materialen, die alle ten minste uit 12% (Cr) chroom bestaan en normaliter ook andere legeringselementen bevatten, waarvan nikkel (Ni) en molybdeen (Mo) de belangrijkste zijn. Chroom zorgt voor de corrosieweerstand, nikkel verbetert de corrosieweerstand en de vervormbaarheid en molybdeen verhoogd de weerstand tegen zuren en putcorrosie in agressieve omgevingen. In roestvast staal wordt chroomoxide gevormd aan het oppervlak. Dit beschermt het staal tegen corrosie. Bij hogere temperatuur heeft chroom de neiging carbides te vormen in plaats van oxide. Hierdoor is de weerstand tegen oxidatie bij hoge temperatuur bij roestvast staal ook groter dan bij gewoon staal. Roestvaste staalsoorten worden dus ook wel 'corrosie- en hittevast staal' genoemd.

De RVS producten worden ingezet door een diverse groep eindgebruikers zoals scheepsindustrie, machinebouwers, houtbouw, automotive, staalconstructie, off-shore, industrie, energiemaatschappijen, onderhoud etcetera.

Voor bevestigingsartikelen wordt de uitgebreide reeks roestvaste staalsoorten conform ISO 3506 onderverdeeld in 3 materiaalgroepen op basis van hun metallurgische structuur: Austeniet (A), Martensiet (C) and Ferriet (F). Martensiet en Ferriet zijn niet gebruikelijk voor bevestigingsmaterialen omdat deze minder corrosie resistent zijn.



AANDUIDINGSSYSTEEM STERKTEKLASSEN



AUSTENITISCH ROESTVAST STAAL

De austenitische materiaalgroep – ook wel chroomnikkelstaal – wordt het meest gebruikt voor bevestigingsmaterialen. Austenitisch roestvast staal bevat 16-26% chroom en 4-22% nikkel. Typische eigenschappen van Austenitisch roestvast staal zijn een grote taaiheid en vervormbaarheid, een grote uitzettingscoëfficiënt, een slechte warmtegeleiding en een slechte elektrische geleiding. Deze materiaalgroep wordt verder onderverdeeld in 5 staalgroepen, elk met een andere weerstand tegen corrosie en een speciaal toepassingsgebied. De meest gebruikte groepen voor massa productie van bevestigingsmaterialen zijn A2 en A4, hieronder vindt u hierover meer informatie:

A1

Een draaikwaliteit, met betere verspaanbaarheid dankzij een hoger percentage fosfor en zwavel. Als gevolg daarvan is echter de algemene bestendigheid tegen corrosie minder. Dit "automaten" roestvast staal wordt zelden gebruikt voor massaproductie van bevestigingsartikelen.

A2

De meest gangbare roestvast staalgroep voor massaproductie van bevestigingsartikelen – ook wel 18/8 (18% Cr, 8% Ni) – met een uitstekende corrosiebestendigheid onder normale atmosferische omstandigheden, in natte omgeving, oxiderende en organische zuren en tal van alkalische oplossingen. Doordat de A2 roestvast stalen bevestigingsmaterialen geen molybdeen bevatten is A2 echter niet geschikt voor gebruik in niet-oxiderende zuren en middelen die chloor bevatten, zoals in zwembaden en zeewater.

A3

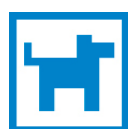
Dit is gestabiliseerd roestvast staal met A2-eigenschappen. Vanwege de elementen Ti, Nb of Ta die ervoor zorgen dat koolstof minder goed bindt aan chroom, is deze staalgroep vooral geschikt voor gebruik bij hogere temperaturen. Het wordt betrekkelijk zelden gebruikt voor massaproductie van bevestigingsmiddelen.

A4

De staalgroep A4 bevat zuurbestendige staalsoorten, die Mo-gelegeerd zijn en een aanzienlijk betere corrosiebestendigheid kennen in agressieve omstandigheden zoals zeeklimaat (chloriden), industriële omgeving (zwaveldioxide), oxiderende zuren en milieus waar putcorrosie kan ontstaan. In zeer agressieve omstandigheden als offshore, omgeving met hoog chloride gehalte of soortgelijke toepassingen, zijn staalsoorten met een hoger gehalte aan Cr, Ni en vooral Mo vereist.

A5

Dit is gestabiliseerd roestvast staal met A4-eigenschappen. Vanwege de elementen Ti, Nb of Ta die ervoor zorgen dat koolstof minder goed bindt aan chroom, is deze staalgroep vooral geschikt voor



gebruik bij hogere temperaturen. Het wordt betrekkelijk zelden gebruikt voor massaproductie van bevestigingsmiddelen.

De staalgroepen en de indeling naar klassen worden in een code van 4 tekens omschreven.

Bijvoorbeeld:

A4-70

A – Geeft aan dat je met Austenitisch RVS te maken hebt

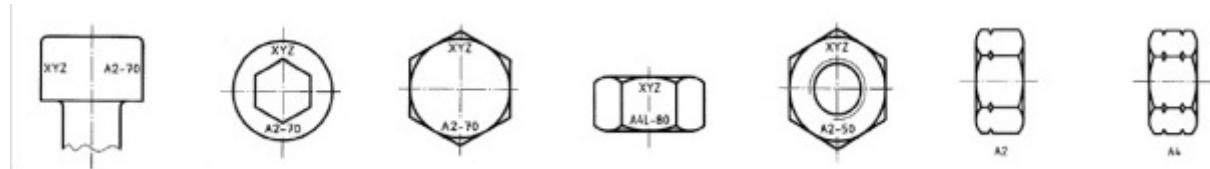
4 – Legering type 4 uit groep A

70 – Treksterkte minstens 700N/mm², koud vervaardigd

Markering van bevestigingsartikelen uit austenitisch roestvast staal

Zeskant bouten en moeren uit roestvast staal en binnenzeskant bouten van M5 en hoger, alsmede alle verpakkingen dienen te worden gemarkeerd met het merkteken van de fabrikant en de staalgroep, gevolgd door de twee cijfers van de sterkteklasse of als alternatief, in geval van gedraaide moeren, door een groef (zie onderstaande voorbeelden). Als de sterkteklasse niet wordt aangegeven, geldt klasse 50 of 025 (bij bijvoorbeeld lage moeren).

Austenitisch roestvast staal met verlaagd koolstofgehalte, minder dan 0,03%, kan daarnaast nog worden gemarkeerd met een "L".



De markering van tapeinden en andere bevestigingsartikelen dienen tussen de besteller en de fabrikant te worden overeengekomen.

MECHANISCHE

EIGENSCHAPPEN

Roestvaststaal		Sterkte- klasse	Bouten en schroeven			Moeren type 1
Hoofdgroep	Staalgroep		Treksterkte $R_m^{1)}$ min. N/mm ²	0,2%rekgrens $R_{p0,2}^{1)}$ min. N/mm ²	Rek $A^{2)}$ min. in mm	Proefspanning Sp min. in N/mm ²
Austenitisch	A1, A2,	50	500	210	0,6d	500
	A3, A4,	70	700	450	0,4d	700
	A5	80	800	600	0,3d	800

¹⁾ deze waarden zijn betrokken op de spanningsdoorsnede van de schroefdraad

²⁾ de rek wordt bepaald uit de verlenging in mm van de tot breuk belaste bout met een lengte $\geq 2,5d$

HET VRETEN VAN ROESTVASTSTAAL

INTRODUCTIE

Bij het toepassen van RVS of aluminium bevestigingsmaterialen kan de schroefdraad 'koudlassen' (vreten) tijdens het monteren. Het gevolg hiervan is dat de binnen- en buitendraad aan elkaar vast gaan zitten en er geen verplaatsing van de schroefdraad meer kan plaatsvinden, waardoor schroeven of bouten kunnen afbreken tijdens het monteren. Dit veroorzaakt lastige of gevaarlijke



situaties, welke kunnen leiden tot schade of zelfs letsel. Als de producten niet breken bij montage, maar mogelijk wel torderend vervormen of al vast zitten voordat er voldoende voorspankracht in de verbinding is aangebracht, dan kunnen er ook achteraf problemen ontstaan omdat de producten breken door bijvoorbeeld externe belasting of vermoeiing. Hierdoor kunnen verbindingen onverwacht bezwijken. Mocht er tijdens de levensduur van de verbinding geen breuk of andere schade optreden, dan wordt het effect van het koudlassen merkbaar bij demontage – de verbinding komt niet los... Wij ontvangen hier regelmatig kwaliteitsklachten over, waar na onderzoek telkens blijkt dat de producten wel aan alle eisen voldoen, maar dat de breuk of beschadiging is ontstaan door vreetverschijnselen.

WAT VEROORZAAKT VRETEN?

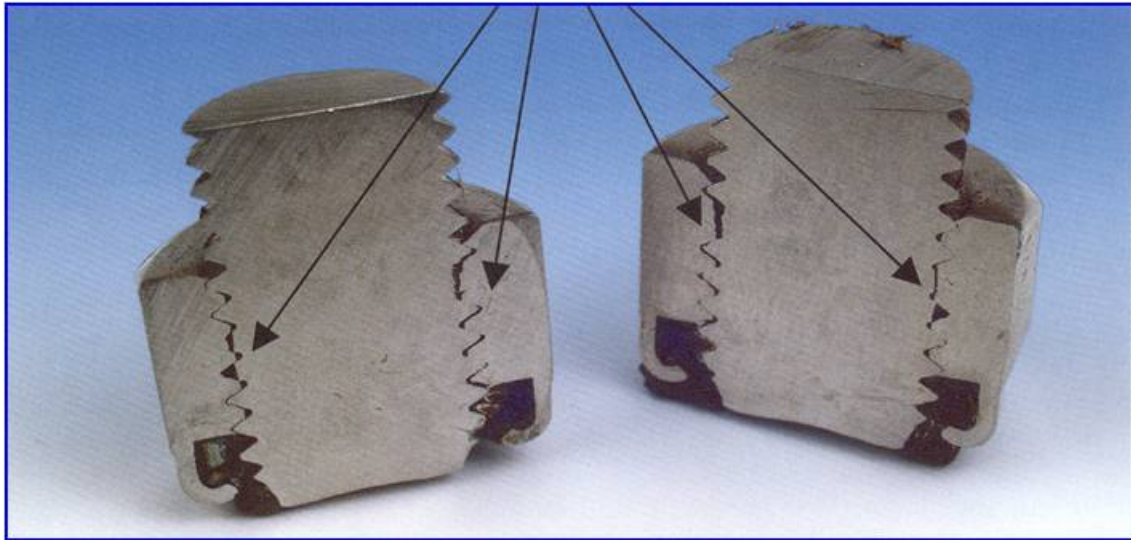
Metalen die in contact en ten opzichte van elkaar bewegen, ondervinden wrijvingsweerstand. Deze weerstand ontstaat door de oppervlakteruwheid van de materialen en kan zorgen voor warmteontwikkeling en slijtage van de delen. Hoe groter de druk op de contactvlakken, hoe hoger de wrijvingsweerstand wordt. Bij sommige metaalsoorten kan dit leiden tot beschadiging van de contactvlakken doordat de weerstand zo groot wordt dat de vlakken plaatselijk aan elkaar hechten en de beweging er voor zorgt dat vervolgens het oppervlak kapot wordt getrokken - dit effect staat bekend als koudlassen ofwel vreten.

Bij bevestigingsmaterialen met schroefdraad (bijvoorbeeld bout/moer verbindingen) ontstaat er tijdens het aandraaien een hoge druk op de contactvlakken van de binnen- en buitendraad van de producten en hierdoor ontstaat een oplopende wrijvingsweerstand en adhesie. Dit kan tot gevolg hebben dat de schroefdraad vast vreet. Producten van austenitisch roestvaststaal of aluminium zijn hier gevoeliger voor dan bijvoorbeeld stalen producten, omdat zij meer ductiel zijn en een andere kristallijne atomaire structuur hebben. Dit brengt met zich mee, dat austenitisch roestvaststaal over het algemeen een grotere neiging tot vreten vertoont dan andere staalsoorten.

PRODUCTEN/ SITUATIES DIE KANS OP VRETEN KUNNEN VERGROTEN

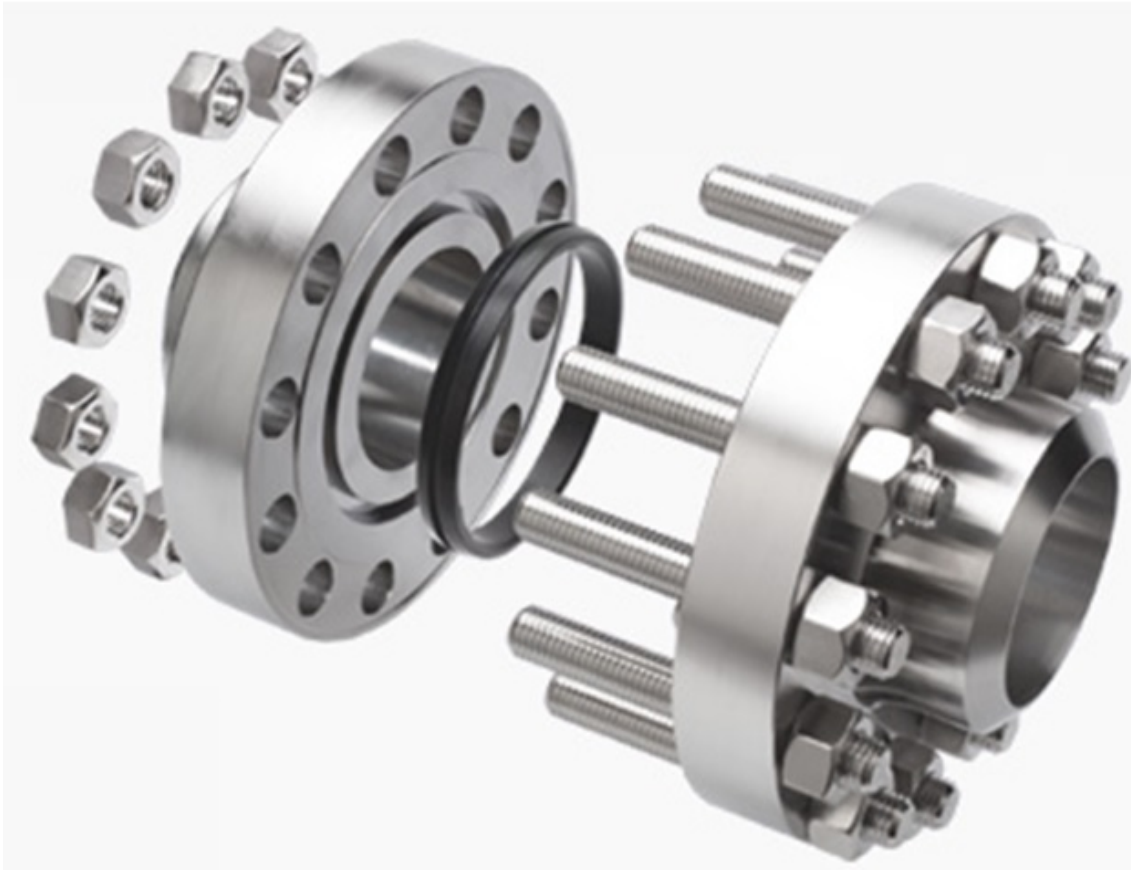
Bovendien zal vreten sterk optreden indien borgmoeren worden toegepast die op basis van wrijving functioneren. Dit komt vanwege het wrijvingsverhogende effect in de schroefdraad. Dit soort borgmoeren borgt niet tegen het verlies van voorspankracht, maar blijft vanwege hun configuratie op de buitendraad klemmen als de verbinding losgekomen is en worden daarom toegepast en aangeduid als verliesborging. De vorm van deze borgmoeren zorgt ervoor dat er al direct wrijving in de schroefdraad ontstaat tijdens montage, ook al voordat er trekbelasting in de schroefdraadverbinding optreedt. Hierdoor wordt de moer over een relatief lange weg verplaatst over de schroefdraad waarbij steeds de wrijvingsweerstand overwonnen moet worden. Indien geen verliesborging nodig is kan wellicht beter een ander borgelement gekozen worden waardoor het nadelige effect van het wrijvingsverhogende element vermeden kan worden, of er moet goed nagedacht worden over smering van de verbinding.



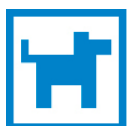


Resultaat van vreten bij een RVS borgmoer

Een verhoogde kans op vreten bestaat ook bij de montage van onderdelen, die door schroefdraad verplaatsing naar elkaar toegetrokken moeten worden omdat er vóór montage nog ruimte tussen de onderdelen is. Hetzelfde geldt bij verbindingen met “zachte” ingeklemde elementen zoals pakkingen of verende elementen (drukveren, schotelveren, zachte ringen etc.) Deze situaties zorgen ook voor een relatief lange weg van verplaatsing met extra wrijvingsweerstand in de schroefdraad.



Flensverbinding met “zachte” pakking.



VREETVERSCHIJNSELEN VERMINDEREN

Zorg er altijd voor dat de producten schoon zijn, vrij van bramen, vreemde metaaldeeltjes, spanen, zand etc. en dat eenzijdig klemmen door beschadiging van de schroefdraad of scheef opdraaien vermeden wordt.

Hoe minder axiale verplaatsing van de schroefdraad, hoe kleiner de kans op vreten wordt. Stijve verbindingen waar maar weinig rotatie van de bevestigingsmaterialen nodig is om de benodigde klemkracht op te wekken zullen dus een kleinere kans op vreten hebben dan een meer elastischere verbinding (zachtere materialen of verende elementen), waarbij de bevestigingsmaterialen meer rotatie nodig hebben om de gewenste klemkracht te bereiken.

Aanbevolen wordt om zo gelijkmatig mogelijk en met laag toerental aan te draaien en geen pulse-rend- of slaggereedschap te gebruiken. Dit om de gevolgen van wrijving in de schroefdraad te ver-lagen.

De combinatie van 2 verschillende (austenitische) roestvaststaal types bijvoorbeeld A2 en A4 wordt nog wel eens geopperd, maar levert qua vreten geen aantoonbaar voordeel op. Beide types roest-vaststaal hebben een austenitische metaalstructuur met veel neiging tot koudlas.

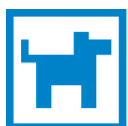
Daarnaast is gerolde draad beter dan gesneden draad omdat gerolde draad minder ruw is (nage-noeg alle standaard RVS schroeven en bouten worden overigens met gerolde draad geproduceerd).

Producten die de wrijvingsweerstand verlagen kunnen een positief effect hebben om vreten tegen te gaan, zoals smeermiddelen met een hoge drukbestendigheid. Sommige fabrikanten van smeermiddelen hebben ook specifieke anti-vreet middelen ontwikkeld. Naast smeermiddelen zijn er ook anti-vreet coatings beschikbaar met smerende eigenschappen, die vooraf als een droge laag op de schroefdraad van producten worden aangebracht en zo de kans op vreten verminderen. De voorde-len hiervan zijn dat er tijdens montage geen smeermiddelen meer hoeven te worden aangebracht en omdat het hier een droge laag betreft kunnen er geen vervuilende deeltjes aan blijven plakken, die de wrijving juist weer zouden kunnen verhogen.



CONCLUSIE

Door voldoende aandacht te besteden aan het werken met RVS of aluminium bevestigingsmateria-len en waar mogelijk producten of situaties te vermijden die de kans op vreten vergroten, kunnen veel problemen worden voorkomen. Dit komt de betrouwbaarheid en duurzaamheid van de beves-tigingen ten goede.



TOEPASSINGEN VAN RVS BEVESTIGINGSMATERIALEN IN OVERDEKTE ZWEMBADEN

Regelmatig bereiken ons vragen over het toepassen van roestvaststalen bevestigingsmaterialen in zwembaden, omdat men gewezen wordt op de gevaren en ongelukken in het verleden, hieronder een aantal gevallen:

- In het sport- en recreatiecentrum De Scheg in Deventer, is een ventilatiekoker van het plafond gestort (geen gewonden).
- In zwembad De Waterwijk in Steenwijk is het complete systeemplafond naar beneden gekomen (geen gewonden).
- In Uster, Zwitserland, kwam ook een plafond naar beneden in een zwembad en kwamen er 12 mensen om het leven.
- In 2011 in het zwembad in de Reeshof in Tilburg kwamen twee luidsprekerboxen naar beneden met dodelijke afloop voor een baby van 5 maanden.

In alle gevallen bleek corrosie van austenitische RVS bevestigingsmaterialen de oorzaak te zijn.

HET PROBLEEM

Het binnenmilieu in overdekte zwembaden (een combinatie van hoge luchtvochtigheid, chloordampen en relatief hoge temperatuur) is agressief voor bepaalde metaallegeringen. In het verleden werd ervan uitgegaan dat austenitisch RVS (roestvaststaal) hiertegen bestand zou zijn en daarom is RVS op grote schaal toegepast in zwembaden. Dit type RVS bleek echter gevoelig te zijn voor chloride spanningscorrosie. Vooral boven het bassin, waar een met chloriden verzadigde atmosfeer heerst die ongehinderd kan inwerken op het materiaal, en er geen verdunning door badwater optreedt, is dit aan de orde. Deze vorm van corrosie is meestal nagenoeg niet zichtbaar, waardoor constructies zonder enige 'waarschuwing' kunnen bezwijken. Standaard RVS bevestigingsmateriaal in A2 en A4 zijn volstrekt ongeschikt voor gebruik in dragende constructies boven het bassin in overdekte zwembaden.

Deze veiligheidsproblematiek heeft een grote behoefte gecreëerd om duidelijkheid te krijgen in de al toegepaste materialen en materialen die toekomstig gebruikt kunnen gaan worden. De informatie in deze nieuwsbrief is bedoeld voor de gehele bouwketen, van opdrachtgever, ontwerper tot aannemer, producent en installateur en de eigenaar en beheerder van het zwembad.

Naast materiaalgebruik in verschillende gebieden in zwembaden wordt er in lokale richtlijnen en normen uitvoerig stilgestaan bij de inspectie van zwembaden. Deze richtlijnen en normen zijn verkrijgbaar via overheden en normering instituten. Een samenvatting van belangrijke onderdelen in deze problematiek is in dit document opgenomen.

INVLOEDSGEBIED

Aandacht voor chloride spanningscorrosie is van toepassing op alle onderdelen van de ophangconstructies en bevestigingsmaterialen in overdekte zwembaden. Dit heeft betrekking op de bassinruimtes en alle hiermee in open verbinding staande ruimtes dan wel via luchtbehandelingsystemen hieraan gekoppelde ruimtes. Hieronder vallen ook ruimtes voor bijvoorbeeld overdekte waterspeeltuinen die gebruik maken van gechloreerd water of zout water.

Deze informatie is niet bedoeld voor:

- Kunststof ophangconstructies en bevestigingsmiddelen.
- Hoofddraagconstructies en/of dakconstructies.

GEBIEDSINDELING

Om te bepalen welke materialen in welke ruimtes gebruikt kunnen worden, worden drie gebieden onderscheiden.



GEBIED A

- Het bassin en de directe omgeving daarvan (de z.g. spatzone, binnen 1 m verticaal en 1 m horizontaal vanaf het bassin).

GEBIED B

- De ruimte buiten gebied A maar binnen de bassinruimte. Overige ruimtes die in contact staan met de zwembadatmosfeer.

GEBIED C

- Alle andere ruimten, die op geen enkele wijze in verbinding staan met de atmosfeer van de bassinruimte.

MATERIAALKEUZE

Bij de materiaalkeuze wordt onderscheid gemaakt naar de hierboven genoemde gebieden. In tabel 1 zijn de geschikte materialen voor de verschillende gebieden weergegeven.

Tabel 1

Materiaal soort	Gebied	Voorwaarden
Verzinkt ongelegeerd constructiestaal (rondom verzinkt) <ul style="list-style-type: none">• Elektrolytisch verzinkt (laagdikte > 5 µm) volgens ISO 4042, in combinatie met een organische deklaag (verf).• Thermisch verzinkt volgens ISO 10684 en ISO 1461• Duplex systeem (zink + coating) volgens EN 15773	A, B en C	
Resistent RVS <ul style="list-style-type: none">• Type: 1.4529, 1.4547 en 1.4565	A, B en C	1, 2, 3, 4
Niet-resistent RVS <ul style="list-style-type: none">• Type: A1, A2, A3, A4 en A5	A en C	1, 3, 4, 5
Aluminium <ul style="list-style-type: none">• Type: geanodiseerd, laagdikte min. 25 µm. Vaak niet haalbaar bij bevestigingsmiddelen.	A, B en C	

Voorwaarden:

1. Toepassing beperken tot eenvoudig toegankelijke plekken zodat visuele directe inspectie mogelijk is.
2. Herkenbaarheid door unieke zichtbare merktekens op elk onderdeel.
3. Traceerbaarheid door vastlegging van de herkomst, aanduiding van gebruikslocaties (foto's en plattegrond) en materiaalcertificaten.
4. Onderdelen alleen zonder deklaag (coating / verf) toepassen.
5. Alleen toepassen, indien dit bij bezwijken geen risico vormt op lichamelijk letsel.

AANVULLENDE INFORMATIE

Diverse (constructieve) onderdelen in zwembaden kunnen zijn opgehangen door middel van elementen van RVS. Dit betreft bv. verlaagde plafonds, ventilatiekanalen, lampen en luidsprekers. RVS is een familie van staallegingen, waarvan sommige gevoelig zijn voor het verschijnsel spanningscorrosie, waardoor plotselinge breuk kan optreden. De atmosfeer van zwembaden is door het gebruik van desinfecteringsmiddelen op basis van chloor agressief voor de meest gebruikelijke soorten RVS, o.a. aangeduid als A2 (304, 1.4301) of A4 (316, 1.4401), die daarom niet-resistent worden genoemd. Dergelijk materiaal kan al zichtbare corrosie vertonen enige tijd voordat spanningscorrosie optreedt, maar niet altijd. Andere, hoger gelegeerde RVS soorten zijn niet gevoelig voor chloride



spanningscorrosie in de zwembadatmosfeer, dit zijn de zogenoemde resistente soorten 1.4529, 1.4547 en 1.4565.

In de actuele richtlijnen en normen wordt het onderscheid tussen beide groepen RVS duidelijk gemaakt: alleen de resistente soorten zijn toegestaan voor gebruik in dragende elementen in de zwembadatmosfeer (zie EN 1993-1-4:2006 + A1:2015, Annex A). Dit geldt zonder meer voor nieuw aan te brengen dragende elementen in zwembaden. Op grond van de richtlijnen en normen is het wel noodzakelijk deze elementen te inspecteren; hiervoor wordt een interval van drie jaar aanbevolen.

RVS onderdelen in andere gebieden van een zwembad, waar het RVS in direct contact staat met het zwembadwater, waar het materiaal regelmatig nat wordt door spattend water of reiniging, zijn niet gevoelig voor spanningscorrosie. Daarom zijn de standaard soorten RVS A2 en A4 hier wel geschikt.

BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4529 STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN

- DIN 125-1A (≈ISO 7089) Vlakke sluitringen (M3 t/m M36)
- DIN 127B Veerringen (M6 t/m M30)
- DIN 931 Zeskant bouten (M4 t/m M52)
- DIN 933 Zeskant tapbouten (M3 t/m M36)
- DIN 934 (≈ISO 4032) Zeskant moeren (M3 t/m M48)
- Volmetaal zeskant borgmoeren ≈DIN 980 (M6 t/m M24)
- Zeskant koppelmoeren H=3xD (M8 t/m M16)
- DIN 1587 Zeskant hoge dopmoeren (M5 t/m M20)
- DIN 976-1 Draadstangen in diverse lengtes (M6 t/m M48)
- DIN 9021 (≈ISO 7093) Vlakke sluitringen met een grote buitendiameter (M3 t/m M33)
- ISO 10642 (≈DIN 7991) Schroeven met verzonken kop en binnenzeskant (M3 t/m M30)
- fischer ankers

BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4547 (254SMO) STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN

- Nord-Lock borgring, M3 t/m M39
- Nord-Lock borgring, ¼" t/m 1"
- Nord-Lock borgring met grote buitendiameter, M3,5 t/m M27
- Nord-Lock borgring met grote buitendiameter, ¼" t/m 1"

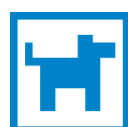
Verder zijn niet genoemde producten en/of materiaalsoorten op aanvraag leverbaar.

OVERIGE RISICOSITUATIES VOOR CHLORIDE SPANNINGSCORROSIE

Naast overdekte zwembaden zijn er meer situaties bekend waarin chloride spanningscorrosie een rol speelt. Op plaatsen waar een chloorhoudende atmosfeer heerst door chloorhoudende desinfectiemiddelen, strooizout of zout water. Voorbeelden hiervan zijn onder andere verkeerstunnels, chemische fabrieken, offshore, petrochemie, pijpleidingen, opslagtanks, raffinaderijen, drinkwater zuiveringsinstallaties en installaties voor zoutwinning.

CONCLUSIE

Bij het toepassen van fasteners in een situatie waar chloride spanningscorrosie een mogelijke rol kan spelen, alleen materialen toepassen die daar voor geschikt zijn en op de correcte wijze alles vastleggen (markering, locatie, materiaalcertificaten, periodieke inspectietermijnen). In geval van twijfel altijd informatie inwinnen bij experts. (Bronnen: ISO 3506-1:2009, EN 1993-1-4:2006/A1:2015, Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 9200:2015, DIBt Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-30.3-6:2017, SCI Design Manual for Structural Stainless Steel 4th edition:2017)



TOEPASSINGEN VAN RVS BEVESTIGINGSMATERIALEN IN OVERDEKTE ZWEMBADEN

Regelmatig bereiken ons vragen over het toepassen van roestvaststalen bevestigingsmaterialen in zwembaden, omdat men gewezen wordt op de gevaren en ongelukken in het verleden, hieronder een aantal gevallen:

- In het sport- en recreatiecentrum De Scheg in Deventer, is een ventilatiekoker van het plafond gestort (geen gewonden).
- In zwembad De Waterwijk in Steenwijk is het complete systeemplafond naar beneden gekomen (geen gewonden).
- In Uster, Zwitserland, kwam ook een plafond naar beneden in een zwembad en kwamen er 12 mensen om het leven.
- In 2011 in het zwembad in de Reeshof in Tilburg kwamen twee luidsprekerboxen naar beneden met dodelijke afloop voor een baby van 5 maanden.

In alle gevallen bleek corrosie van austenitische RVS bevestigingsmaterialen de oorzaak te zijn.

HET PROBLEEM

Het binnenmilieu in overdekte zwembaden (een combinatie van hoge luchtvochtigheid, chloordampen en relatief hoge temperatuur) is agressief voor bepaalde metaallegeringen. In het verleden werd ervan uitgegaan dat austenitisch RVS (roestvaststaal) hier tegen bestand zou zijn en daarom is RVS op grote schaal toegepast in zwembaden. Dit type RVS bleek echter gevoelig te zijn voor chloride spanningscorrosie. Vooral boven het bassin, waar een met chloriden verzadigde atmosfeer heerst die ongehinderd kan inwerken op het materiaal, en er geen verdunning door badwater optreedt, is dit aan de orde. Deze vorm van corrosie is meestal nagenoeg niet zichtbaar, waardoor constructies zonder enige 'waarschuwing' kunnen bezwijken. Standaard RVS bevestigingsmateriaal in A2 en A4 zijn volstrekt ongeschikt voor gebruik in dragende constructies boven het bassin in overdekte zwembaden.

Deze veiligheidsproblematiek heeft een grote behoefte gecreëerd om duidelijkheid te krijgen in de al toegepaste materialen en materialen die toekomstig gebruikt kunnen gaan worden. De informatie in deze nieuwsbrief is bedoeld voor de gehele bouwketen, van opdrachtgever, ontwerper tot aannemer, producent en installateur en de eigenaar en beheerder van het zwembad.

Naast materiaalgebruik in verschillende gebieden in zwembaden wordt er in lokale richtlijnen en normen uitvoerig stilgestaan bij de inspectie van zwembaden. Deze richtlijnen en normen zijn verkrijgbaar via overheden en normering instituten. Een samenvatting van belangrijke onderdelen in deze problematiek is in dit document opgenomen.

INVLOEDSGEBIED

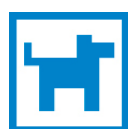
Aandacht voor chloride spanningscorrosie is van toepassing op alle onderdelen van de ophangconstructies en bevestigingsmaterialen in overdekte zwembaden. Dit heeft betrekking op de bassinruimtes en alle hiermee in open verbinding staande ruimtes dan wel via luchtbehandelingsystemen hieraan gekoppelde ruimtes. Hieronder vallen ook ruimtes voor bijvoorbeeld overdekte waterspeeltuinen die gebruik maken van gechlloreerd water of zout water.

Deze informatie is niet bedoeld voor:

- Kunststof ophangconstructies en bevestigingsmiddelen.
- Hoofddraagconstructies en/of dakconstructies.

GEBIEDSINDELING

Om te bepalen welke materialen in welke ruimtes gebruikt kunnen worden, worden drie gebieden onderscheiden.



GEBIED A

- Het bassin en de directe omgeving daarvan (de z.g. spatzone, binnen 1 m verticaal en 1 m horizontaal vanaf het bassin).

GEBIED B

- De ruimte buiten gebied A maar binnen de bassinruimte. Overige ruimtes die in contact staan met de zwembadatmosfeer.

GEBIED C

- Alle andere ruimten, die op geen enkele wijze in verbinding staan met de atmosfeer van de bassinruimte.

MATERIAALKEUZE

Bij de materiaalkeuze wordt onderscheid gemaakt naar de hierboven genoemde gebieden. In tabel 1 zijn de geschikte materialen voor de verschillende gebieden weergegeven.

Tabel

1

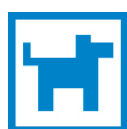
Materiaalsoort	Gebied	Voorwaarden
Verzinkt ongelegeerd constructiestaal (rondom verzinkt) <ul style="list-style-type: none">• Elektrolytisch verzinkt (laagdikte > 5 µm) volgens ISO 4042, in combinatie met een organische deklaag (verf).• Thermisch verzinkt volgens ISO 10684 en ISO 1461• Duplex systeem (zink + coating) volgens EN 15773	A, B en C	
Resistent RVS <ul style="list-style-type: none">• Type: 1.4529, 1.4547 en 1.4565	A, B en C	1, 2, 3, 4
Niet-resistent RVS <ul style="list-style-type: none">• Type: A1, A2, A3, A4 en A5	A en C	1, 3, 4, 5
Aluminium <ul style="list-style-type: none">• Type: geanodiseerd, laagdikte min. 25 µm. Vaak niet haalbaar bij bevestigingsmiddelen.	A, B en C	

Voorwaarden:

1. Toepassing beperken tot eenvoudig toegankelijke plekken zodat visuele directe inspectie mogelijk is.
2. Herkenbaarheid door unieke zichtbare merktekens op elk onderdeel.
3. Traceerbaarheid door vastlegging van de herkomst, aanduiding van gebruikslocaties (foto's en plattegrond) en materiaalcertificaten.
4. Onderdelen alleen zonder deklaag (coating/verf) toepassen.
5. Alleen toepassen, indien dit bij bezwijken geen risico vormt op lichamelijk letsel.

AANVULLENDE INFORMATIE

Diverse (constructieve) onderdelen in zwembaden kunnen zijn opgehangen door middel van elementen van RVS. Dit betreft bv. verlaagde plafonds, ventilatiekanalen, lampen en luidsprekers. RVS is een familie van staallegeringen, waarvan sommige gevoelig zijn voor het verschijnsel spanningscorrosie, waardoor plotselinge breuk kan optreden. De atmosfeer van zwembaden is door het gebruik van desinfecteringsmiddelen op basis van chloor agressief voor de meest gebruikelijke soorten RVS, o.a. aangeduid als A2 (304, 1.4301) of A4 (316, 1.4401), die daarom niet-resistent worden genoemd. Dergelijk materiaal kan al zichtbare corrosie vertonen enige tijd voordat spanningscorrosie optreedt, maar niet altijd. Andere, hoger gelegeerde RVS soorten zijn niet gevoelig voor chloride



spanningscorrosie in de zwembadatmosfeer, dit zijn de zogenoemde resistente soorten 1.4529, 1.4547 en 1.4565.

In de actuele richtlijnen en normen wordt het onderscheid tussen beide groepen RVS duidelijk gemaakt: alleen de resistente soorten zijn toegestaan voor gebruik in dragende elementen in de zwembadatmosfeer (zie EN 1993-1-4:2006 + A1:2015, Annex A). Dit geldt zonder meer voor nieuw aan te brengen dragende elementen in zwembaden. Op grond van de richtlijnen en normen is het wel noodzakelijk deze elementen te inspecteren; hiervoor wordt een interval van drie jaar aanbevolen.

RVS onderdelen in andere gebieden van een zwembad, waar het RVS in direct contact staat met het zwembadwater, waar het materiaal regelmatig nat wordt door spattend water of reiniging, zijn niet gevoelig voor spanningscorrosie. Daarom zijn de standaard soorten RVS A2 en A4 hier wel geschikt.

BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4529 STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN

- DIN 125-1A (≈ISO 7089) Vlakke sluitringen (M3 t/m M36)
- DIN 127B Veerringen (M6 t/m M30)
- DIN 931 Zeskant bouten (M4 t/m M52)
- DIN 933 Zeskant tapbouten (M3 t/m M36)
- DIN 934 (≈ISO 4032) Zeskant moeren (M3 t/m M48)
- Volmetaal zeskant borgmoeren ≈DIN 980 (M6 t/m M24)
- Zeskant koppelmoeren H=3xD (M8 t/m M16)
- DIN 1587 Zeskant hoge dopmoeren (M5 t/m M20)
- DIN 976-1 Draadstangen in diverse lengtes (M6 t/m M48)
- DIN 9021 (≈ISO 7093) Vlakke sluitringen met een grote buitendiameter (M3 t/m M33)
- ISO 10642 (≈DIN 7991) Schroeven met verzonken kop en binnenzeskant (M3 t/m M30)
- fischer ankers

BEVESTIGINGSMATERIALEN DIE IN RESISTENT RVS 1.4547 (254SMO) STANDAARD VERKRIJGBAAR ZIJN

- Nord-Lock borgring, M3 t/m M39
- Nord-Lock borgring, ¼" t/m 1"
- Nord-Lock borgring met grote buitendiameter, M3,5 t/m M27
- Nord-Lock borgring met grote buitendiameter, ¼" t/m 1"

Verder zijn niet genoemde producten en/of materiaalsoorten op aanvraag leverbaar.

OVERIGE RISICOSITUATIES VOOR CHLORIDE SPANNINGSCORROSIE

Naast overdekte zwembaden zijn er meer situaties bekend waarin chloride spanningscorrosie een rol speelt. Op plaatsen waar een chloorhoudende atmosfeer heerst door chloorhoudende desinfectiemiddelen, strooizout of zout water. Voorbeelden hiervan zijn onder andere verkeerstunnels, chemische fabrieken, offshore, petrochemie, pijpleidingen, opslagtanks, raffinaderijen, drinkwater zuiveringsinstallaties en installaties voor zoutwinning.

CONCLUSIE

Bij het toepassen van fasteners in een situatie waar chloride spanningscorrosie een mogelijke rol kan spelen, alleen materialen toepassen die daarvoor geschikt zijn en op de correcte wijze alles vastleggen (markering, locatie, materiaalcertificaten, periodieke inspectietermijnen). In geval van twijfel altijd informatie inwinnen bij experts. (Bronnen: ISO 3506-1:2009, EN 1993-1-4:2006/A1:2015, Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 9200:2015, DIBt Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-30.3-6:2017, SCI Design Manual for Structural Stainless Steel 4th edition:2017)



OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN VOOR BEVESTIGINGS-MATERIALEN

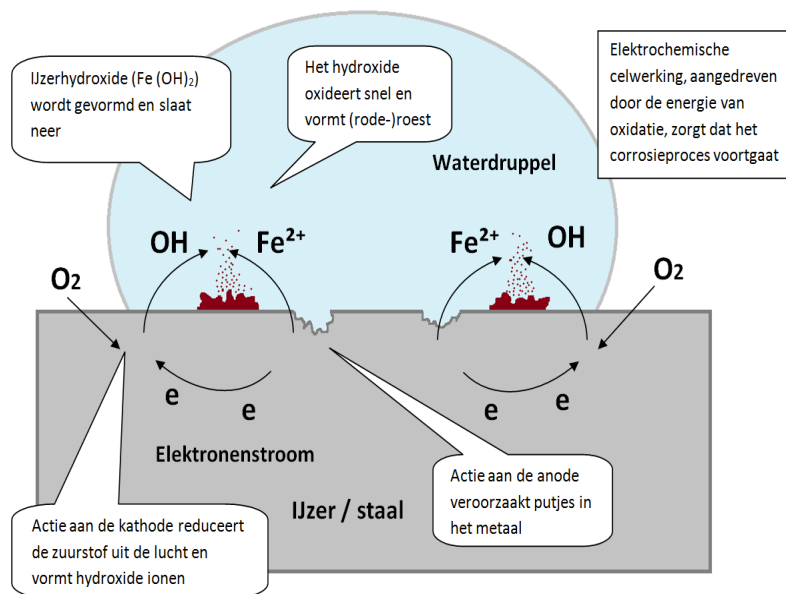
Er bestaan vele oppervlaktebedekkingen voor bevestigingsmaterialen. Om de selectie te vereenvoudigen hebben we informatie verzameld over de verschillende types coating die voor bevestigingsmaterialen beschikbaar zijn.

De meeste coatings bestaan uit een dunne metaallaag aan de oppervlakte van het product. Met de dikte van deze laag moet rekening gehouden worden bij de keuze van een oppervlaktebedekking. De ruimte tussen de externe- en interne schroefdraad, de tolerantieklasse, moet in acht worden genomen want als de grenzen van de tolerantie overschreden worden zal er interferentie optreden die de functionaliteit van de schroefdraad nadelig zal beïnvloeden.

De coatings die verderop worden besproken zijn ontwikkeld om te voorkomen dat stalen bevestigingsmaterialen te beschermen tegen corrosie en/of het uiterlijk ervan te verfraaien. Naast de beschermde oppervlaktebedekkingen is er ook informatie over coatings die vreten voorkomen en over smeermiddelen voor bijvoorbeeld RVS en aluminium bevestigingsmaterialen.



Oppervlaktecorrosie van staal is een elektrochemische reactie die plaatsvindt als staal wordt blootgesteld aan water of luchtvochtigheid. Aangezien elk metaal zijn eigen interne elektrische potentiaal heeft, kan direct contact met vocht een corrosie cel creëren:



Het aanbrengen van een beschermende laag over het staal is een veelgebruikte methode om staal te beschermen tegen corrosie. Gezien de beschreven elektrochemische reactie zou een elektrisch isolerende laag zoals verf of plastic, de beste bescherming vormen. Zolang deze laag intact blijft kan het metaal geen contact maken met vocht en zal er geen corrosie optreden. PTFE (Polytetrafluoretheen, a.k.a. Teflon®) is zo'n kunststof beschermingslaag, met name toegepast bij specifieke bevestigingsmaterialen voor de petrochemie. Omdat echter dit soort beschermingen relatief zacht zijn en gemakkelijk beschadigen, bestaan de meeste oppervlaktebedekkingen uit metaal, of bevatten een metaal.

DE MEEST GEBRUIKTE OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN TER BESCHERMING VAN BEVESTIGINGSMATERIALEN

- Elektrolytisch aanbrengen van zink of van een zinklegering (elektrolytisch verzinken)
- Mechanisch verzinken
- Thermisch verzinken (vuurverzinken)
- Zinklamellencoatings
- Anti-vreet coatings

INFORMATIE OVER WETGEVING

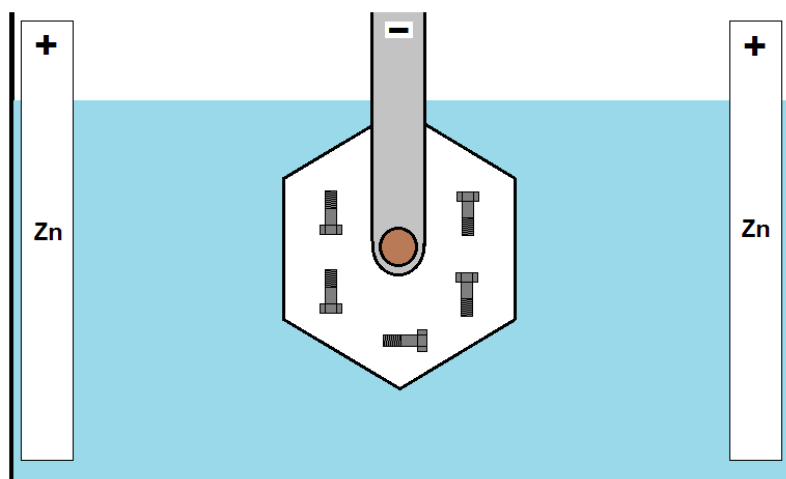
- RoHS
- ELV
- Reach

ELEKTROLYTISCH AANBRENGEN VAN ZINK OF VAN EEN ZINKLEGERING

Dit is met afstand de meest gebruikte oppervlaktebedekking voor bevestigingsmaterialen. Een zeer dunne laag (3 tot 20 microns* voor artikelen met schroefdraad) zink of een legering van zink (bijv. ZnFe, ZnNi) wordt op het product aangebracht met behulp van een elektrolytisch (galvanisch) proces. Zodra de artikelen zijn bedekt met zink wordt een passivatielaag toegevoegd aan de zink- of zinklegeringlaag, die dient als bescherming voor het zink of de zinklegering. Er bestaan veel types passivatie, met verschillende gradaties in corrosieweerstand en in verschillende kleuren.

* Een micron of μm is 0,001 millimeter.

HET ELEKTROLYTISCH VERZINKPROCES



Zoals in het plaatje te zien is worden de bevestigingsmaterialen in een roterende kunststof trommel gelegd en ondergedompeld in een tank gevuld met een elektrolyt (een geleidende vloeistof) en negatief geladen (kathode). Staven of platen van zink of van een zinklegering zijn eveneens in de tank aanwezig en worden positief geladen (anode), zodat de elektrische stroom de zink- of zinklegering-ionen transporteert naar de negatief geladen stalen bevestigingsmaterialen.



Zink of zinklegeringen zijn minder edele metalen dan staal. Indien gebruikt als beschermende laag functioneren ze als anode, die elektronen aan het onderliggende staal afstaat wanneer corrosie dreigt in een vochtige omgeving. Dit noemt men kathodische bescherming.

Koper, messing, nikkel, chroom, tin en zilver zijn edelere metalen dan staal. Als deze metalen gebruikt worden als bescherm laag gedragen zijn zich als een kathode. Hierdoor zal het staal rechtstreeks worden aangetast en er corrosie kan zelfs onder de bescherm laag ontstaan als vocht met het staal (anode) in aanraking komt door poriën in – of beschadigingen aan – de coating.

Dit is de reden waarom coatings met zink of zinklegeringen de meest wijdverspreide manier van corrosieprotectie zijn.

PASSIVATIE (CHROMATEREN)

De bescherming die zink en zinklegeringen bieden wordt beduidend verbeterd door het passiveren van de producten. In de klassieke vorm van dit vervolproces wordt een ultradunne (ca. 0,1 µm) chromaatlaag gevormd die de poriën in de zink- of zinklegeringlaag verzegelt en tevens zuurstof bindt. Deze chromaatlaag bevat vaak zeswaardig chroom (Cr(VI)) en bezit hierdoor een unieke 'zelfherstellende' werking. Bij mechanische beschadigingen zullen de oplosbare zeswaardige chroomzouten in de passivatielaag de blootgestelde gebieden herstellen (herpassiveren). Het nadeel van deze nabehandeling is echter dat Cr(VI) wordt beschouwd als een schadelijke, milieuvriendelijke substantie (giftig en kankerverwekkend). Het gebruik ervan binnen de EU is beperkt en Cr(VI) wordt geleidelijk aan verbannen door diverse Europese wetten (bijv. RoHS, ELV – zie de links aan het einde van dit document). Details over chromateren kunnen worden gevonden in de internationale norm ISO 4520.

Afhankelijk van de dikte en samenstelling van de passivatielaag varieert de kleur van transparant (wit) via blauwachtig en geel tot zwart.

WITTE/BLAUWE PASSIVATIE

Dit is het meest voorkomende type passivatie voor bevestigingsmaterialen, biedt een relatief geringe corrosieweerstand en wordt daarom aanbevolen voor binnentoepassingen.

ZWARTE PASSIVATIE

Deze biedt hetzelfde niveau van bescherming als witte/blauwe passivatie en wordt meestal gekozen vanwege het zwarte uiterlijk. Bevat Cr(VI).

GELE PASSIVATIE

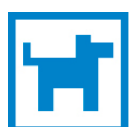
Dit type biedt een betere corrosiebescherming en wordt geadviseerd voor buitentoepassingen, hoewel de populariteit ervan afneemt omdat het gehalte aan Cr(VI) aanzienlijk is.

(OLIJF-) GROENE PASSIVATIE

Deze types zijn voornamelijk bestemd voor militaire toepassingen. De corrosieweerstand ervan is gelijk aan of iets beter dan gele passivatie, en zij bevatten eveneens Cr(VI).

PASSIVATIE MET DRIEWAARDIG CHROOM (CR(III))

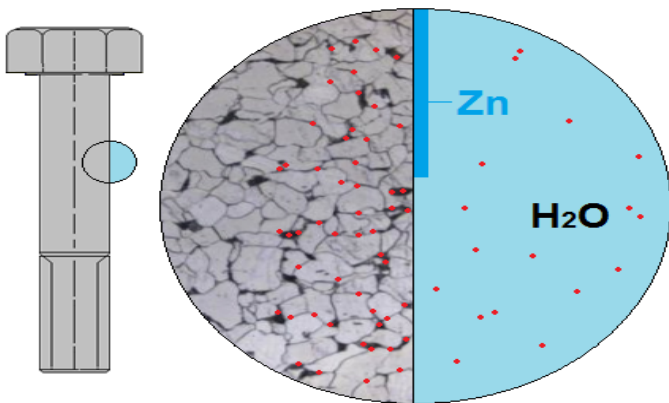
Als gevolg van diverse wetgevingen op het gebied van schadelijke stoffen zoals RoHS, REACH en ELV moest een nieuw type passivatie worden ontwikkeld. Deze nieuwe passivatie zou geen Cr(VI) meer mogen bevatten. In plaats van Cr(VI), aanwezig in de zwarte, gele, groene en bruine chromaatlagen maken de meeste nieuwe passivatielagen gebruik van driewaardig chroom (Cr(III)). Sommige van deze types bezitten zelfs betere corrosiewerende eigenschappen dan Cr(VI) houdende lagen. Deze worden vaak aangeduid met de termen 'thick layer passivation of Dickschichtpassivering' (dikke-laag passivatie). Een 'dunne' laag meet tussen 0,08 en 0,1 µm, en een dikke laag in dit verband meet 0,2 tot 0,3 µm. De passivatie met een dunne laag wordt het meest toegepast. Dikke-laag passivaties hebben een iriserend uiterlijk (blauw-geel-groenachtig op zinklagen, geel-groenachtig op zinklegeringlagen) en bieden een superieure corrosiebescherming, beter dan de Cr(VI) gele chromatering. Om de corrosiebescherming verder te verhogen en/of het uiterlijk van de passivatielaag te verbeteren kan nog een verzegeling (sealant) worden toegepast.



WATERSTOFBROSHEID

Het elektrolytisch proces maakt gebruik van elektriciteit om de zink of de zinklegering neer te laten slaan. De elektrische stroom veroorzaakt echter ook een (gedeeltelijke) ontleding van het water in het bad in zuurstof en waterstof.

De zuurstof verdwijnt uit de vloeistof in het bad, maar de waterstofionen kunnen diffunderen (binnendringen) in het metaal van de bevestigingsmaterialen en zich binden tot waterstofmoleculen. Dit gaat gepaard met een toename in volume, waardoor grote spanningen in de metaalstructuur optreden. Indien er sprake is van grote externe trekkrachten kan dit leiden tot uitgestelde, spontane brose breuk. Overigens kan het beitsen zonder inhibitoren (beitsen zoals toegepast in het thermisch verzinkproces) en het ondeskundig veredelen van staal met hoge mechanische sterkte tijdens fabricage ook waterstofbrosheid veroorzaken.



• = Waterstofionen

Het risico op waterstofbrosheid bestaat bij de volgende producten:

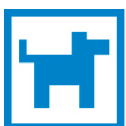
- met een treksterkte ≥ 1000 MPa
- met een hardheid $\geq HV320$
- oppervlaktegeharde producten

Teneinde het risico op waterstofbrosheid tot een minimum te beperken moeten de behandelde producten na het elektrolytische proces voor een bepaalde tijd en op een bepaalde temperatuur opnieuw verhit worden (baked). De huidige internationale norm voor elektrolytisch aangebrachte beschermlagen op bevestigingsartikelen, ISO 4042 editie 1999, stelt onder meer dat elektrolytisch ge-coate onderdelen binnen 4 uur, maar liefst binnen een uur na het elektrolytisch proces en vóór het passiveren verhit (gebakken) moeten worden op een temperatuur van 200°C à 230°C . De maximumtemperatuur moet worden bepaald met inachtneming van het materiaal van de coating en het type van het basismateriaal.

Met toenemende laagdikte wordt het verwijderen van waterstof moeilijker. Als dikke lagen moeten worden aangebracht kan een tussentijdse verhitting, wanneer de coating een nog een laagdikte tussen $2\ \mu\text{m}$ en $5\ \mu\text{m}$ heeft, het risico op waterstofbrosheid verminderen.

ISO 4042 geeft geen exacte aanwijzingen voor het verhitten. Een typische tijdsduur voor het verhittingsproces wordt gegeven als 8 uur. Echter, verhittingstijden van 2 tot 24 uur bij 200°C à 230°C kunnen, afhankelijk van het type en de afmeting van het product, de geometrie, de mechanische eigenschappen, de reinigingsprocessen en het toegepaste elektrolytische proces, van toepassing zijn.

Het wordt aanbevolen om voor kritische onderdelen experimenteel vast te stellen wat de juiste temperatuur en tijdsduur voor het verhittingsproces zijn. De maximale temperatuur dient echter te allen tijde onder de ontlaattertemperatuur van het behandelde product te blijven. Zodra de minimumtemperatuur bereikt is start de behandelingstijd.



Ondanks alle genomen maatregelen, die het risico voor waterstofbroosheid verminderen, kan dit risico bij de huidige elektrolytische processen nooit volledig uitgesloten worden. Als er geen enkel restrisico voor waterstofbroosheid mag bestaan, zal een andere methode voor corrosiebescherming gekozen moeten worden (bijv. zinklamellen coatings).

CODEERSYSTEEM VOOR ELEKTROLYTISCH AANGEBRACHTE OP- PERVLAKTEBEDEKKINGEN

ISO 4042:1999 biedt een systeem met twee letters en een cijfer om het coatingtype voor bevestigingsmaterialen aan te geven. Voor de volgende editie van ISO 4042 is een nieuw systeem in ontwikkeling.

De huidige codes zijn als volgt opgebouwd:

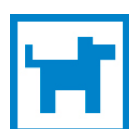
- Eén hoofdletter voor het metaal van de coating, zie tabel 1
- Eén cijfer voor de minimale laagdikte (structuur van de laag), zie tabel 2
- Eén hoofdletter voor de glansgraad en de vervolgbehandeling, zie tabel 3

TABLE 1 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999

Codeletter	Metaal of legering van de coating	Chemisch symbool
A	Zink	Zn
B	Cadmium	Cd
C	Koper	Cu
D	Messing	CuZn
E	Nikkel	Ni
F	Nikkel-Chroom ¹	NiCr
G	Koper-Nikkel	CuNi
H	Koper-Nikkel-Chroom ¹	CuNiCr
J	Tin	Sn
K	Koper-Tin	CuSn
L	Zilver	Ag
N	Koper-Zilver	CuAg
P	Zink-nikkel	ZnNi
Q	Zink-kobalt	ZnCo
R	Zink-ijzer	ZnFe

¹Dikte van de chroom laag $\approx 0,3 \mu\text{m}$.

TABEL 2 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999



Codenummer	Minimale laagdikte (coating structuur) in μm	
	1 coating metaal	2 coating metalen
0 ¹	-	-
1	3	-
2	5	2+3
3	8	3+5
4	12	4+8
5	15	5+10
6	20	8+12
7 ²	25	10+15
8 ²	32	12+20
9	10	4+6

¹Codenummer 0 = geen eis voor de laagdikte
²Niet voor artikelen met schroefdraad

TABLE 3 IS GEBASEERD OP ISO 4042:1999

Codeletter	Afwerking	Passivatie door chromateren, typisch aspect ¹
A	Dof	Kleurloos (transparant)
B		Blauwachtig tot blauwachtig iriserend ²
C		Geelachtig tot geelbruin, iriserend
D		Olijfgroen tot bruin
E	Semi-glanzend	Kleurloos (transparant)
F		Blauwachtig tot blauwachtig iriserend ²
G		Geelachtig tot geelbruin, iriserend
H		Olijfgroen tot bruin
J	Glanzend	Kleurloos (transparant)
K		Blauwachtig tot blauwachtig iriserend ²
L		Geelachtig tot geelbruin, iriserend
M		Olijfgroen tot bruin
N	Hoogglanzend	Kleurloos (transparant)
P	Optioneel	Als B, C of D
R	Dof	Bruin-zwart tot zwart
S	Semi-glanzend	Bruin-zwart tot zwart
T	Glanzend	Bruin-zwart tot zwart
U	Alle types	Geen chromatering

¹Passivatie alleen mogelijk met zink, zinklegering of cadmium coatings
²Alleen van toepassing op zink coatings

Voorbeeld van codering: A3L

“A” betekent verzinkt (zie tabel 1)



“3” geeft een laagdikte van minimaal 8 micron aan (zie tabel 2)

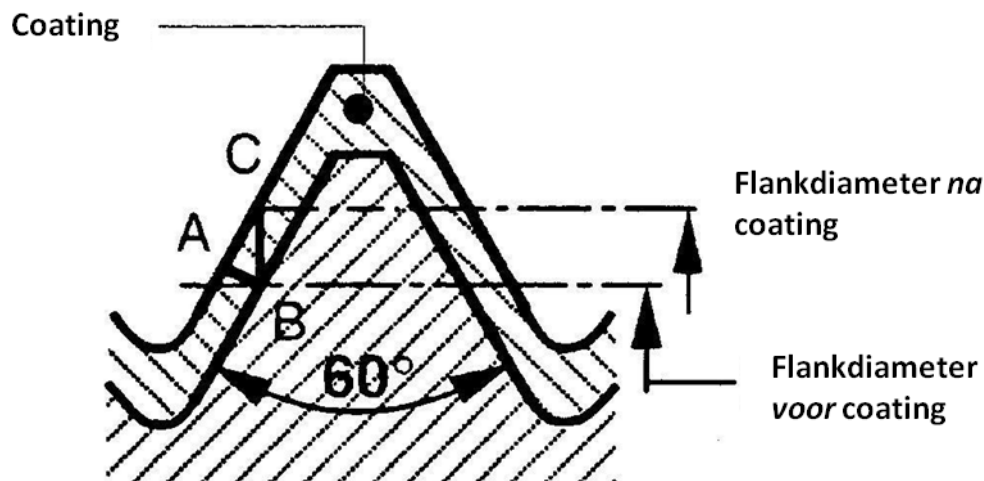
“L” wijst op een glanzende gele kleur (zie tabel 3)

Voorbeeld van gebruik in een productaanduiding: zeskantbout ISO 4014 – M16 x 60 – 8.8 – A3L.

Indien er geen specifieke eisen aan de laagdikte worden gesteld, zal de commercieel beschikbare laagdikte geleverd worden.

BEPERKINGEN VAN DE LAAGDIKTE

De mate van corrosiebescherming is over het algemeen proportioneel met de dikte van de toegepaste laag. Bij elektrolytische lagen op bevestigingsmaterialen is deze laagdikte echter niet altijd gelijk verdeeld (de distributie hangt onder meer af van de verhouding van de lengte en de diameter l/d). Voor de bescherming van een product is de minimale laagdikte normatief. Om te voorkomen dat de schroefdraad vastloopt tijdens montage mag de laagdikte niet groter zijn dan 1/4 van de tolerantie (zie illustratie).



In de rechthoekige driehoek ABC is AB de laagdikte. De vergroting van de flankdiameter ten gevolge van de coating is:

$$2 \times BC = 2 \frac{AB}{\sin 30^\circ} = 4AB$$

Tabel 4 toont de maximaal toegestane laagdikte voor bevestigingsmaterialen met externe schroefdraad en tolerantiepositie g (vóór coating), in relatie tot de spoed van de schroefdraad en de nominale lengte.



Externe schroefdraad						
Spoed P	Nominale schroefdiameter d ¹	Tolerantiepositie g				
		Fundamentele deviatie	Maximale nominale laagdikte			
			Alle lengtes	Nominale lengte L		
				L≤5d	5d<L≤10d	10d<L≤15d
mm	mm	µm	µm	µm	µm	µm
0,2		-17	3	3	3	3
0,25	1; 1,2	-18	3	3	3	3
0,3	1,4	-18	3	3	3	3
0,35	1,6 (1,8)	-19	3	3	3	3
0,4	2	-19	3	3	3	3
0,45	2,5 (2,2)	-20	5	5	3	3
0,5	3	-20	5	5	3	3
0,6	3,5	-21	5	5	3	3
0,7	4	-22	5	5	3	3
0,75	4,5	-22	5	5	3	3
0,8	5	-24	5	5	3	3
1	6 (7)	-26	5	5	3	3
1,25	8	-28	5	5	5	3
1,5	10	-32	8	8	5	5
1,75	12	-34	8	8	5	5
2	16 (14)	-38	8	8	5	5
2,5	20 (18; 22)	-42	10	10	8	8
3	24 (27)	-48	12	12	8	8
3,5	30 (33)	-53	12	12	10	8
4	36 (30)	-60	15	15	12	10
4,5	42 (45)	-63	15	15	12	10
5	48 (52)	-71	15	15	12	10
5,5	56 (60)	-75	15	15	15	12
6	64	-80	20	20	15	12

¹ Schroefdraaddiameters zijn slechts gegeven ter informatie. De spoed van de schroefdraad is de bepalende karakteristiek.

² Maximale laagdikte indien lokale meting van laagdikte is overeengekomen.

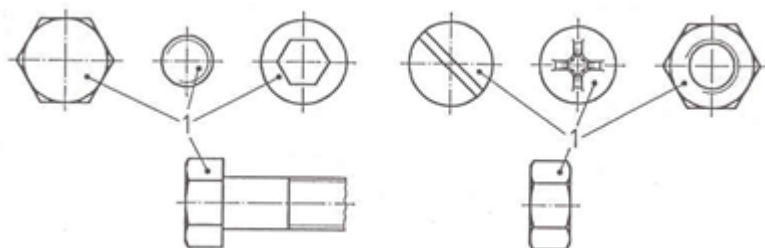
³ Maximale laagdikte indien gemiddelde meting van laagdikte van de batch is overeengekomen.

Nota: additionele fundamentele deviaties voor speciaal vervaardigde schroefdraad die ruimte geeft aan dikke beschermingslagen zijn opgenomen in de norm ISO 4042:1999, annex C.



MEETPUNTEN VOOR LAAGDIKTE

De minimale lokale laagdikte van bevestigingsmaterialen wordt gemeten op de punten in onderstaande afbeelding.



De gemiddelde laagdikte van een batch moet worden bepaald met de methode beschreven in ISO 4042:1999, annex D. Indien niet anders overeengekomen zal de lokale laagdikte gemeten moeten worden.

MECHANISCH VERZINKEN

Zink kan ook op staal en andere metalen worden aangebracht met behulp van een roterende trommel, gevuld met zinkpoeder, chemicaliën en glazen ballen (bolletjes) in verschillende diameters. De glazen bolletjes 'hameren' het zinkpoeder op de oppervlakte van de bevestigingsmaterialen in de trommel waardoor een zinklaag ontstaat die vergelijkbaar is met de laag bij een elektrolytisch proces. Na het trommelen wordt eveneens een passivatielaag aangebracht op de behandelde producten. Mechanisch verzinken is minder algemeen voor bevestigingsmaterialen dan elektrolytische bescherming, maar mechanisch verzinken biedt een voordeel – er is geen risico voor waterstofbrosheid. Wel zal de laagopbouw nauwkeurig gemonitord moeten worden teneinde latere interferentie van de schroefdraden te voorkomen. Het mechanisch verzinkproces is genormaliseerd in ISO 12683.



Bron: Thielco Metal Coating

THERMISCH VERZINKEN

Thermisch verzinken (tZn, ook wel HDG - hot dip galvanizing, vuurverzinken of feurvezinken) is een populaire oppervlaktebedekking voor stalen bevestigingsmaterialen. Het biedt een zeer solide en duurzame corrosiebescherming. Het thermisch verzinken van stalen onderdelen is genormaliseerd in ISO 1461, maar voor bevestigingsmaterialen bestaat de specifieke norm ISO 10684. In een notendop is het thermisch verzinkproces nogal eenvoudig – de bevestigingsmaterialen worden in



een bad van gesmolten zink gedoopt (normale temperatuur 455-480°C, hoge temperatuur 530-560°C), gecentrifugeerd om overtollig zink te verwijderen en in water afgekoeld zodat het zink stolt. Er blijft dan een relatief dikke zinklaag (40 tot 70 micron) op de producten achter vergeleken met elektrolytisch verzinken (3 tot 20 micron). Moeren worden op dezelfde manier thermisch verzinkt, maar wel vóórdat de schroefdraad is getapt. Interne schroefdraad wordt altijd getapt na het thermisch verzinken. Dit laat de interne schroefdraad wel onverzinkt, maar dit heeft geen nadelige effecten op de corrosieweerstand, zoals hieronder wordt toegelicht. Het thermisch verzinkproces wordt algemeen beschouwd als geschikt voor bevestigingsmaterialen met diameter M 8 of groter.

De grote hoeveelheid zink zorgt voor een uitstekende corrosiebestendigheid in normale buitenumgevingen, maar het nadeel ervan is dat de laagdikte aanzienlijk groter is dan de schroefdraadtolerantie toelaat, en dit vormt een probleem voor alle schroefdraadartikelen.

Om dit probleem het hoofd te bieden voorziet ISO 10684 in twee oplossingen. Beide behelzen aanpassingen in de basisafmetingen van bevestigingsmaterialen met schroefdraad.

Eén oplossing is een systeem waarbij de bevestigingsmaterialen met externe schroefdraad (bouten) vervaardigd worden met een grotere fundamentele deviatie (de schroefdraad wordt iets dunner gemaakt). Na het thermisch verzinken past de verzinkte externe schroefdraad in een interne schroefdraad met tolerantieklasse 6H (de 'normale' tolerantie voor een moer). De afmetingen en tolerantie voor externe schroefdraad volgens dit systeem zijn vastgelegd in de norm ISO 965-4. De tolerantieklasse is 6az (vóór het thermisch verzinken) en het systeem wordt in het algemeen aangeduid als het ISO passende systeem. Artikelen met buitendraad worden gemerkt met hun sterkteklasse en aanvullend de letter "U".

De andere oplossing die door ISO 10684 wordt aangedragen is om de interne schroefdraad (moeren) een klein beetje groter (overmaats) uit te voeren, zodat deze zal passen op een thermisch verzinkte buitendraad (bout) – dit is het z.g. overmaatse systeem. De afmetingen en toleranties van dergelijke binnendraad is genormaliseerd in ISO 965-5, de schroefdraadtolerantie is 6AZ. Moeren moeten gemerkt worden met hun sterkteklasse en aanvullend de letter "Z".

Het is erg belangrijk beide systemen nooit te mengen, dit kan leiden tot passingsproblemen (overmaatse bout met ISO passende moer) of tot kritieke reductie van de sterkte van een verbinding (ISO passende bout met overmaatse moer).



Bron: Thielco Metal Coating

BELASTBAARHEID VAN THERMISCH VERZINKTE BEVESTIGINGSMATERIALEN

Over het algemeen kan worden gesteld dat de mechanische eigenschappen van bouten volgens ISO 898-1 en moeren volgens ISO 898-2 niet beïnvloed worden door het thermisch verzinken. ISO 10684 maakt alleen een uitzondering voor diameters M 8 en M 10 (in Annex A), voor deze afmetingen neemt de belastbaarheid met circa 20% af. Details zijn te vinden in ISO 10684.

Echter, voor de nog steeds veelgebruikte moeren volgens DIN 934 wordt voor het thermisch verzinken niet naar ISO 10684 verwezen, maar naar de (teruggetrokken) norm DIN 267-10 en deze norm



staat voor thermisch verzinkte bevestigingsmaterialen een verminderde belastbaarheid toe voor alle diameters. De belastbaarheid van een bout/moer verbinding met moeren volgens DIN 934 wordt verminderd met ongeveer 5% voor de grootste genormaliseerde diameter (M 36) en deze waarde neemt gradueel toe tot 20% voor de kleinste genormaliseerde diameter (M 6). Specifieke informatie in DIN 267-10. Vanwege de afwijkingen in de schroefdraadtoleranties staat de norm bovendien toe dat de schroefdraad van de bout stript bij de minimale grenswaarde van de trekbelasting.

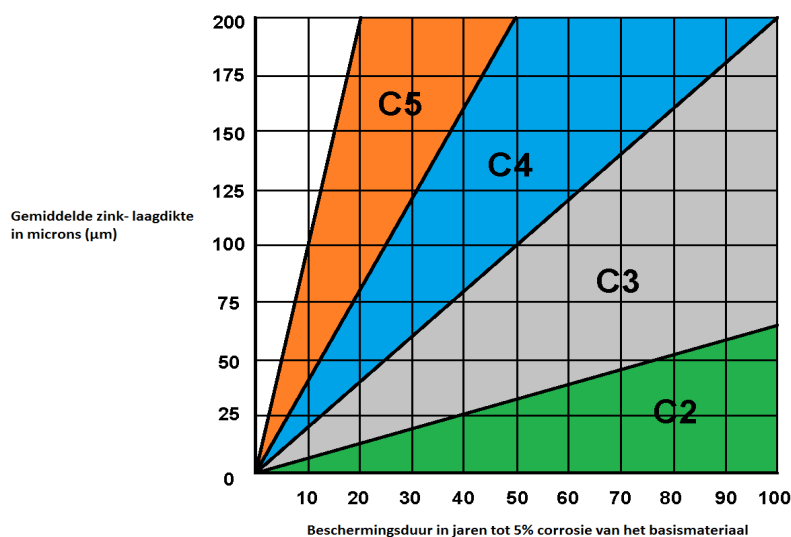
ATMOSFERISCHE CORROSIE BIJ THERMISCH VERZINKT STAAL

Als de coating wordt blootgesteld aan de atmosfeer bouwt zich een laag van corrosieproducten op (zink patina), grotendeels bestaande uit zinkcarbonaat dat, omdat het vrijwel onoplosbaar is, corrosie verder vertraagt. Als thermisch verzinkt staal voor lange tijd vochtig blijft en er onvoldoende luchtcirculatie is kan zich een volumineus, wit, zinkcorrosieproduct ("witte roest") ontwikkelen, hetgeen minder wenselijk is bij overschilderen of vanuit esthetisch oogpunt. De vorming van witte roest kan worden onderdrukt door geschikte opslag en verpakking of, indien noodzakelijk, door het zink in te oliën of te passiveren in chroomzuur.

INVLOED VAN HET KLIMAAT OP DE BESCHERMINGSDUUR VAN THERMISCH VERZINKT STAAL

De tijd dat staal beschermd wordt tegen corrosie is proportioneel met de zinklaagdikte en hangt verder af van de klimaatcondities zoals is te zien in de onderstaande grafiek. Algemeen wordt de beschermingsduur van de zinklaag gezien als de verstreken tijd vanaf het moment van blootstelling aan de atmosfeer tot het moment dat er meer dan 5% oppervlaktecorrosie van het basismateriaal optreedt ("rode roest").

Corrosieweerstand onder invloed van het klimaat:



C2 - Continentaal klimaat

C3 - Omgeving grote steden

C4 - Matig industrieel- of kustklimaat

C5 - Aggressief industrieel klimaat

Deze grafiek geeft slechts een ruwe schatting en houdt geen rekening met lokale invloeden.

ZELFHERSTELLELENDE WERKING VAN THERMISCH VERZINKTE BEVESTIGINGSMATERIALEN

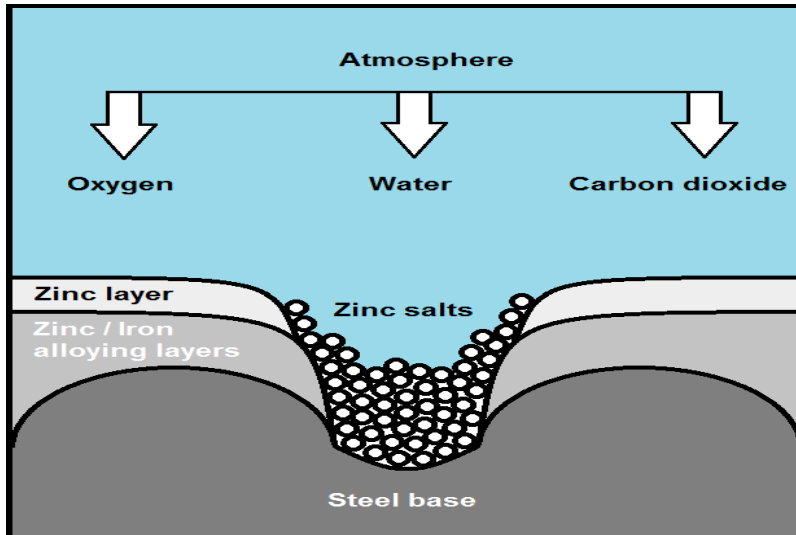
Indien de zinklaag beschadigd raakt zal zij in normale atmosferische omstandigheden trachten de het blootgestelde materiaal te beschermen.



Omdat zink minder edel is dan staal, zal het zink eerst in oplossing gaan en daarbij het basismateriaal blijven beschermen, totdat al het zink uiteindelijk is opgelost.

Op plaatsen waar er gaten of scheuren van 1,5 tot 2 mm in de zinklaag zitten, of op kale plekken tot ca 10 mm² blijft het staal beschermd dankzij de kathodische brug, een elektrochemisch proces. Het zink biedt een opofferende bescherming en de onbeschermd gebieden zullen worden bedekt door nieuw gevormde zinkzouten. Een goed voorbeeld van deze bescherming is de schroefdraad van thermisch verzinkte moeren waarvan de draad pas na het verzinken wordt getapt. De zinklaag van de bout neemt de bescherming van de onbedekte interne schroefdraad volledig over. Een ander belangrijk aspect van deze kathodische bescherming is dat er geen corrosie zal optreden onder de zinklaag.

Schematische voorstelling van de 'kathodische brug':

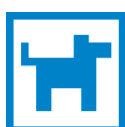


VERVEN VAN THERMISCH VERZINKTE OPPERVLAKTEN

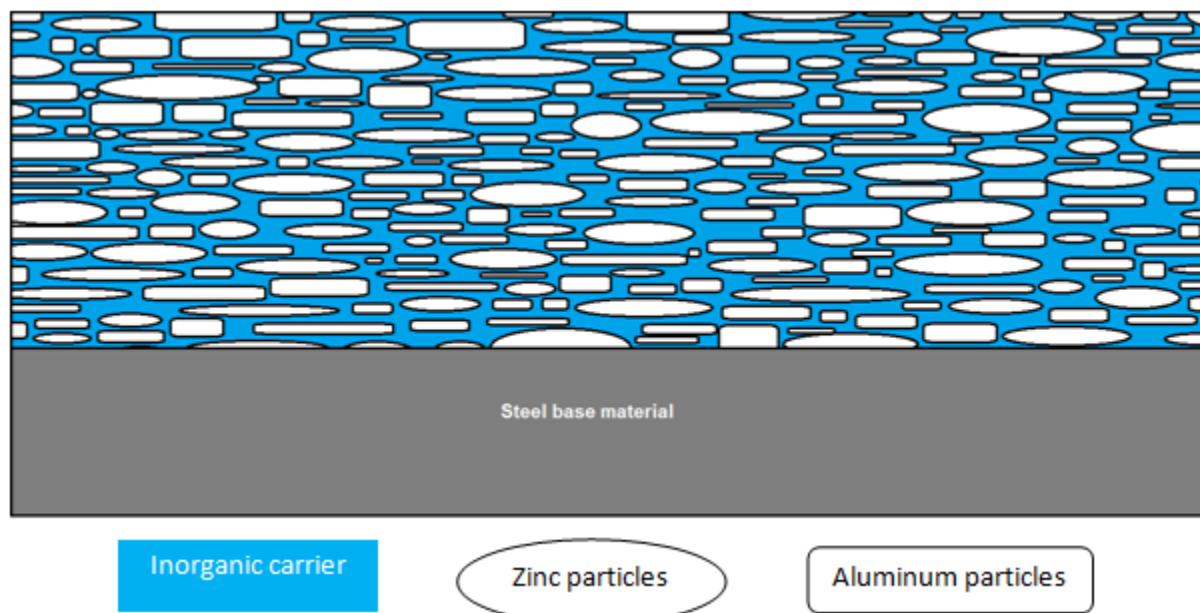
Een duplex systeem is een combinatie van thermisch zink en verf. Het biedt een goede oplossing in zeer agressieve milieus (bijv. dicht bij de zee of in een zure omgeving), of als onderhoud en reparaties vrijwel onmogelijk uit te voeren zijn, of als een specifieke kleur is gewenst. Dit systeem kan een 1,5 tot 2,5 keer langere bescherming bieden dan de som van beide afzonderlijke systemen. Wordt de thermische zinklaag goed ontvet, dan biedt deze een prima hechtende ondergrond voor vele verschillende verfsoorten.

ZINKLAMELLEN COATINGS

Dit type corrosiebescherming wordt aangebracht in een z.g. "dip-spin-bake" proces; de stalen bevestigingsmaterialen worden ondergedompeld (dippend) in een dun vloeibare drager gevuld met minuscule zink – en vaak eveneens aluminium – deeltjes (flakes). Deze verfachtige substantie bedekt de producten en deze worden aansluitend gecentrifugeerd (spin) teneinde overtollig materiaal te verwijderen. Daarna worden de bevestigingsmaterialen gebakken (bake) in een oven waar een solide laag van zink (en aluminium) deeltjes ontstaat die het staal tegen corrosie zal beschermen. Deze laag vormt een zeer duurzame corrosiebescherming in normale buitentoepassingen en heeft een uiterlijk, vergelijkbaar met een thermisch zinklaag (mat grijs). De laagdikte van deze coating (ongeveer 6 tot 12 micron) is iets groter dan de laagdikte die ontstaat bij het elektrolytisch proces. Diameters kleiner dan M 8 en standaard moeren met tolerantieklasse 6H moeten daarom met zorg behandeld worden. Het beoordelen van schroefdraad na coating met ring- en penkalibers kan lastig zijn. ISO 10683:2014 en de publicatie "Richtlinie Verschraubbarkeitsprüfung von Muttern mit Zinklamellenüberzügen" (Deutscher Schraubenverband, DSV, 2012) bevatten uitvoerige informatie over het meten en beoordelen van bevestigingsmaterialen met een zinklamellen coating.



SCHEMATISCHE ZINKLAMELLEN LAAG



Het gelaagde effect van de zink- en aluminiumdeeltjes, op elkaar gestapeld, fungeert als meerdere beschermingslagen (barrières) en zorgt samen met de anorganische drager voor een hoge corrosieweerstand.

Een groot voordeel van dit soort oppervlaktebedekkingen is dat er geen risico bestaat op waterstofbroosheid. Bevestigingsmaterialen worden niet gebeitst, er is geen elektrolytische werking en het proces vindt plaats bij kamertemperatuur tot aan het bakken.

Er zijn veel verschillende ontwikkelaars en fabrikanten van zinklamellen coatings. NOF Metal Coatings en Dörken zijn grote spelers, met merknamen als Geomet® en DeltaProtekt®. De zinklamellen coatings kunnen worden nabehandeld met topcoats, die de corrosiebestendigheid kunnen verbeteren of zorgen voor een specifieke kleur, of worden voorzien van een geïntegreerd smeermiddel of van een smeermiddel op de basislaag (indien er geen geïntegreerd smeermiddel aanwezig is). De internationale norm ISO 10683 die de eigenschappen van - en de eisen aan - zinklamellen coatings behandelt, verdeelt deze in 4 coating systemen:

- Alleen een basiscoating
- Basiscoating + smeermiddel
- Basiscoating + topcoat
- Basiscoating + topcoat + smeermiddel

Een verdere onderverdeling wordt gemaakt op basis van het gehalte aan zeswaardig chroom (Cr(VI)) – zinklamellen coatings met Cr(VI), aangeduid als fZn/yc, en zinklamellen coatings zonder Cr(VI), aangeduid als fZn/nc. De laatste zijn in overeenstemming met de ELV, RoHS en Reach regelgeving.

Zinklamellen coatings die een smeermiddel bevatten, geïntegreerd in de basiscoating of als smeermiddel aangebracht over de basiscoating zorgen voor een beheerste wrijvingscoëfficiënt. Omdat de wrijvingscoëfficiënten die hierdoor bereikt kunnen worden significant kunnen afwijken van de wrijvingscoëfficiënten van traditionele oppervlaktebedekkingen als bijvoorbeeld elektrolytisch aangebrachte zinklagen, wordt aangeraden om het montage-aandraaimoment van tevoren te (laten) bepalen wanneer omgeschakeld wordt naar zinklamellen coatingsystemen.

ZOUTNEVELTEST (ZOUTSPROEITEST)

Aangezien het vrijwel onmogelijk is om ver van tevoren buitenomgevingen te voorspellen in alle verschillende klimaten in de wereld, is er een vergelijkende test ontwikkeld. De gecoate



bevestigingsmaterialen worden versneld gecorrodeerd in een zoutnevelkast en de verstreken tijd tot het verschijnen van witte roest (zinkcorrosie) en/of rode roest (basismetalaalcorrosie) wordt gemeten. Dit vormt een indicatie van de relatieve corrosiebestendigheid van een beschermende coating.

Deze zoutneveltest, ook wel zoutsproeitest genaamd, wordt beschreven in de normen EN ISO 9227 en ASTM B117, die praktisch identiek zijn. De corrosiebestendigheid wordt uitgedrukt in 'uren neutrale zoutneveltest' (h NSS). De test wordt wereldwijd geaccepteerd als de standaardtest voor metalen oppervlakbedekkingen.

GEBRUIKELIJKE OPPERVLAKTEBEDEKKINGEN IN VOLGORDE VAN STIJGENDE CORROSIEWEERSTAND

De resultaten van de zoutneveltest NSS, afgeleid van diverse normen voor oppervlakbedekkingen, dienen slechts ter oriëntatie. Ze zijn in hoge mate afhankelijk van de (mogelijke) laagdikte van de coatings en de toegepaste topcoats en/of verzegelingen.

Coating type	uren NSS volgens ISO 9227 vóór corrosie van het basismateriaal
Elektrolytisch of mechanisch verzinkt, wit, blauw en zwart gepassiveerd (kan Cr(VI) bevatten)	12h-72h
Elektrolytisch of mechanisch verzinkt, geel Cr(VI) gepassiveerd	24h-144h
Elektrolytisch verzinkt, Cr(III) gepassiveerd	24h-360h
Elektrolytisch aangebrachte zinklegering, Cr(III) gepassiveerd	168h-720h en meer
Zinklamellen coatings *	240h-960h en meer
Thermisch verzinkt *	N/A
*Hoewel er zinklamellen coatings bestaan die betere resultaten in een zoutneveltest tonen dan een thermische zinklaag, worden thermisch verzinkte bevestigingsmaterialen nog steeds aanbevolen en de voorkeur gegeven voor buitentoepassingen, omdat ze minder gevoelig zijn voor beschadigingen en slijtage vanwege de dikte van de zinklaag.	

ANTI-VREET COATINGS

Metalform[®], Combiflon[®], Gleitmo[®] en Lubo[®] zijn merknamen voor vooraf toe te passen droge smeermiddelen die kunnen zorgen voor een beheerste wrijving. Deze coatings worden typisch toegepast op bewegende delen en op bevestigingsmaterialen met schroefdraad van roestvast staal of aluminium, die vatbaar zijn voor wrijving gerelateerde problemen als koudlassen (vreten, galling, seizing). Beschadigingen van, vervuilingen aan of oppervlakteruwheden van dit soort materialen kan ervoor zorgen dat de interne- en externe schroefdraden zich met elkaar verbinden tijdens montage waarbij de verbinding niet meer functioneert. De anti-vreet coatings, indien toegepast op de schroefdraad, kunnen deze effecten aanzienlijk verminderen, zodat de kwaliteit van de verbinding gewaarborgd blijft. Hoewel deze coatings ook een zekere mate van corrosiebescherming bieden, worden ze meestal gekozen vanwege hun wrijving verminderende eigenschappen. Anti-vreet coatings worden doorgaans aangebracht op moeren zodat de behandelde moeren voor snelle levering op voorraad gehouden kunnen worden.

HET LOSLOPEN VAN SCHROEFDRAAD EN BORGING

De juiste verbindingstechniek kiezen is van groot belang, niet alleen voor het realiseren van een goed eindproduct, maar ook om te besparen op montage- en onderhoudskosten. Bovendien moeten



we een optimale veiligheid kunnen garanderen. Onze ingenieurs en technische specialisten adviseren dagelijks over het optimaliseren van schroefdraadverbindingen, zowel theoretisch als in de praktijk. En dit gebeurt niet alleen rechtstreeks bij de klant, maar ook regelmatig via seminars. In deze technische nieuwsbrief beschrijven we op verantwoorde en praktische wijze wat u kunt doen tegen het losraken van schroefdraadverbindingen, een thema dat altijd actueel blijft!

EEN GOEDE VERBINDING IS HET HALVE WERK

WAAROM SCHROEFDRAADVERBINDINGEN?

Indien meerdere onderdelen met elkaar verbonden moeten worden, hebben we de keuze uit een aantal technieken, zoals lassen, lijmen en uiteraard schroeven en bouten. Al deze technieken moeten beantwoorden aan bepaalde verwachtingen, zoals het betrouwbaar overbrengen van krachten en belastingen. Maar vaak zijn er ook meer specifieke eisen: een verbinding moet bijvoorbeeld eenvoudig demonteerbaar zijn, moet wellicht diverse materiaalsoorten kunnen combineren en moet ge-coate materialen kunnen verbinden.

Schroefdraadverbindingen hebben zo hun voordelen:

- Ze zijn relatief eenvoudig te berekenen.
- Ze kunnen zowel dwars- als langskrachten opnemen.
- Gestandaardiseerde schroefdraadproducten zijn gemakkelijk verkrijgbaar.
- Montage gaat snel, meestal zonder complexe apparatuur of hooggekwalificeerde monteurs.
- Diverse metalen en kunststoffen kunnen onderling verbonden worden.
- De verbindingen zijn zonder schade te demonteren.

Schroefdraadverbindingen komen we dan ook overal tegen... van eenvoudige gebruiksvoorwerpen, zoals bureaustoelen of keukenapparatuur, machines, zoals compressoren en motoren, tot staalconstructies, in bijvoorbeeld viaducten en gebouwen.

LOSRAKENDE SCHROEFDRAADVERBINDINGEN

Toch kan er, ondanks de genoemde voordelen, een aantal problemen met schroefverbindingen ontstaan. Zo willen we nog wel eens vergeten dat het falen van een verbinding grote gevolgen kan hebben. Indien onvoldoende zorg wordt besteed aan ontwerp en montage, kunnen schroefdraadverbindingen het begeven. Denk daarbij aan oorzaken zoals onderdimensionering, corrosie, slechte productkwaliteit, foutieve montage... maar ook het ongewild losraken van de verbinding.

Veelal bezorgen loszittende schroeven alleen maar ergernis en is de schade snel hersteld en vergeten. Losrakende verbindingen kunnen echter ook leiden tot stilstand van machines, en soms van hele productieprocessen, tot defecten aan voertuigen en ongevallen, al dan niet met lichamelijk letsel.

De gevolgen kunnen desastreus zijn. Wat te denken van een losrakende benzinetank op een vrachtwagenchassis, een torenkraan waarvan de bouten op de draaikrans te veel klemkracht verliezen, zodat er vermoeiingsbreuk optreedt? Kleine oorzaken kunnen dus grote gevolgen hebben. Niet alleen de rechtstreekse schade door het bezwijken, maar ook de kosten voor herstel en onderhoud kunnen daarbij hoog oplopen.

EEN CORRECTE KLEMKRACHT IN DE VERBINDING IS VAN LEVENSBELANG!

80% van alle aangemelde boutbreuken in machines of constructies wordt veroorzaakt door onvoldoende klemkracht in de verbinding! Soms is er onvoldoende klemkracht aangebracht tijdens de montage, maar vaak is de oorspronkelijke voorspankracht na enige tijd geheel of gedeeltelijk verloren gegaan. Gevolg is dat dynamische belasting rechtstreeks op de bouten wordt overgedragen... een breuk zit dan in een klein hoekje!

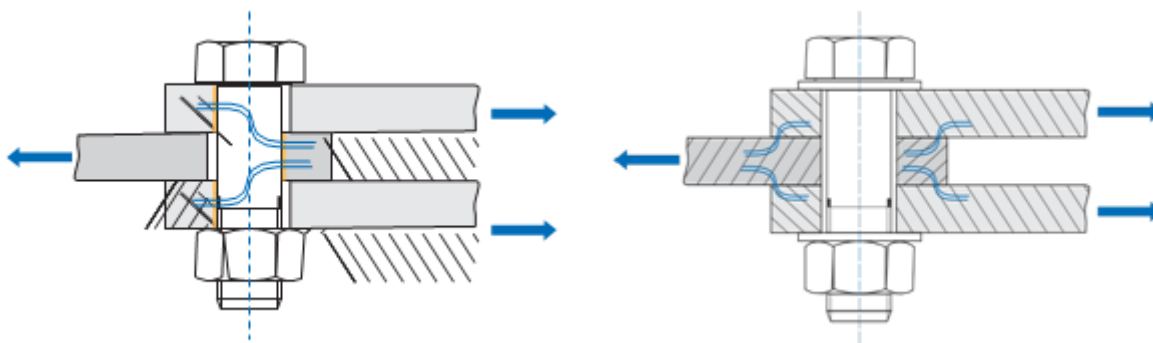


Meer inzicht in het functioneren van een schroefdraadverbinding en een aantal concrete maatregelen in de ontwerpfase of tijdens de montage kunnen problemen helpen voorkomen. Toch zullen we voor een gegarandeerde bedrijfszekerheid vaak borgingsproducten moeten inzetten. Een zorgvuldige keuze, op basis van theorie en praktijk, is daarbij noodzakelijk. Met deze nieuwsbrief willen we u daarbij helpen.

HET KRACHTENSPEL IN EEN BOUTVERBINDING

Uiteraard is het wenselijk dat schroefdraadverbindingen betrouwbaar zijn en niet vanzelf dreigen los te raken. Voor een hoge betrouwbaarheid is het van groot belang dat u inzicht krijgt in de krachten die in een boutverbinding kunnen optreden. Elk element van een verbinding zal namelijk invloed uitoefenen op het uiteindelijke resultaat.

Figuur 1 - Figuur 2



Simpel gezegd zijn er in een boutverbinding twee types statische belasting mogelijk:

- Zonder klemkracht – de krachtoverdracht vindt plaats tussen de platen door stuijk- en afschuifkrachten in de boutsteel of de schroefdraad. De te verbinden platen verschuiven onderling tot de boringen tegen de boutsteel of tegen de schroefdraad aanliggen. In dit geval worden de bouten belast op afschuiving (dwarsbelasting), zie figuur 1.

Met hoge klemkracht – deze klemkracht verhindert het verschuiven van de ingeklemde onderdelen. De krachtoverdracht vindt door wrijving plaats. De bouten worden belast op trek (axiale belasting), zie figuur 2. Meestal is een onderlinge verschuiving van de te verbinden onderdelen niet wenselijk.

Het is daarom noodzakelijk dat we in de boutverbinding voldoende klemkracht aanbrengen. We spreken over de voorspankracht die na het aandraaien van de moer of bout wordt bereikt.

Indien de krachten op de constructie regelmatig van richting veranderen of niet constant zijn, spreken we van een dynamische belasting. Het zal verderop blijken dat dynamische belasting een van de oorzaken van losrakende boutverbindingen, en zelfs van boutbreuk, kan zijn.

Voor een goed functionerende verbinding moet, zeker bij een dynamische belasting, de klemkracht behouden blijven.

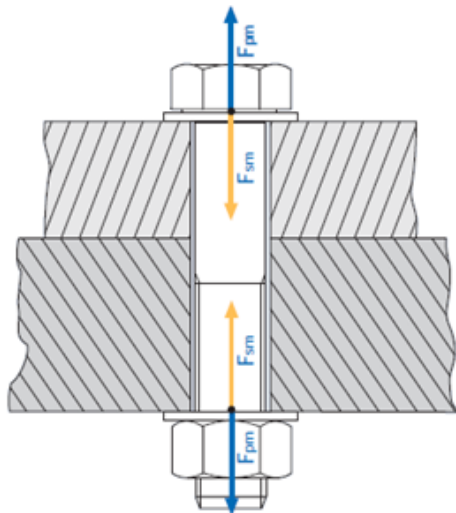
EEN SCHROEFDRAADVERBINDING IS EEN ELASTISCH VEREND GEHEEL

Bij het ontwerp en de uitvoering van een schroefdraadverbinding is het zeer belangrijk om te beseffen dat:

- De bouten en de verbonden onderdelen als een elastisch verend geheel functioneren: de ingeklemde elementen worden elastisch ingedrukt, terwijl de bout uitrekt tijdens montage. Indien door een externe belasting de bout verder rekt, zullen de ingeklemde delen terugveren.

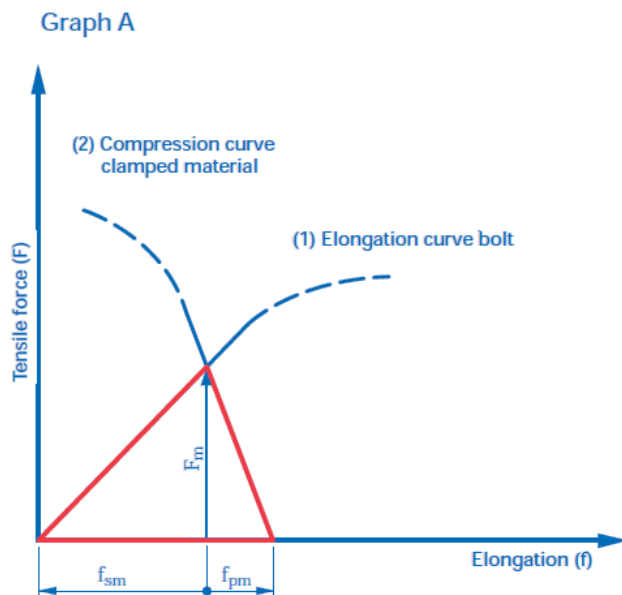
De trekkracht in de bouten bovendien gelijk is aan de drukkracht op de ingeklemde elementen. We kunnen dit illustreren aan de hand van figuur 3.

Figuur 3



F_{pm} = trekkracht in de bout F_{sm} = drukkracht op de ingeklemde elementen

Het samenspel van krachten en vervormingen wordt voorgesteld in een zogenaamde kracht/vervormingsdriehoek. Zie grafiek A. Lijn 1 in de grafiek stelt de vervorming voor die een bout ondergaat door een trekkracht. Lijn 2 heeft betrekking op het ingeklemde pakket, dat vervormt onder invloed van de drukkracht door de bout.

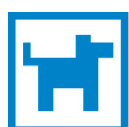


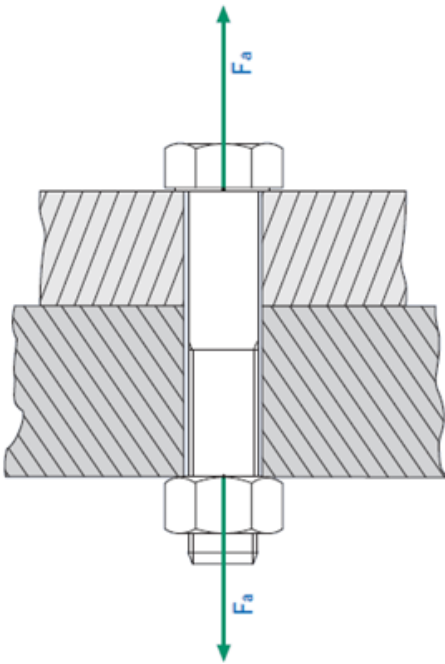
f_{sm} = verlenging van de bout door klemkracht F_m f_{pm} = indrukking van de ingeklemde elementen door klemkracht F_m

In de bovenstaande grafiek kunt u aflezen dat bij een klemkracht F_m de boutverlenging gelijk is aan f_{sm} en dat de indrukking van de ingeklemde delen f_{pm} bedraagt. Omdat de gebruikte materialen van de bout en de ingeklemde onderdelen verschillen, net als de vormgeving, zijn f_{sm} en f_{pm} meestal niet gelijk.

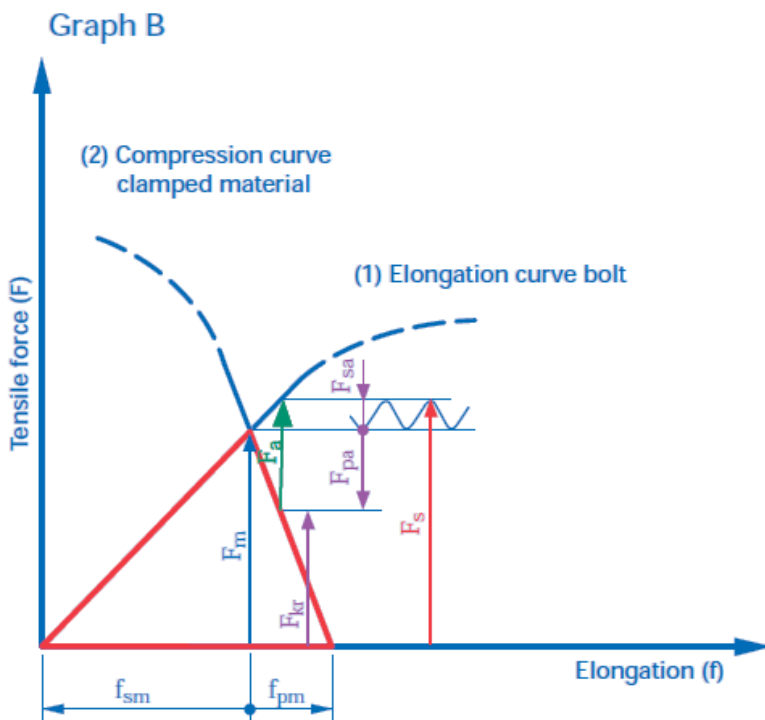
Op deze boutverbinding brengen we een externe belasting F_a aan, zie figuur 4.

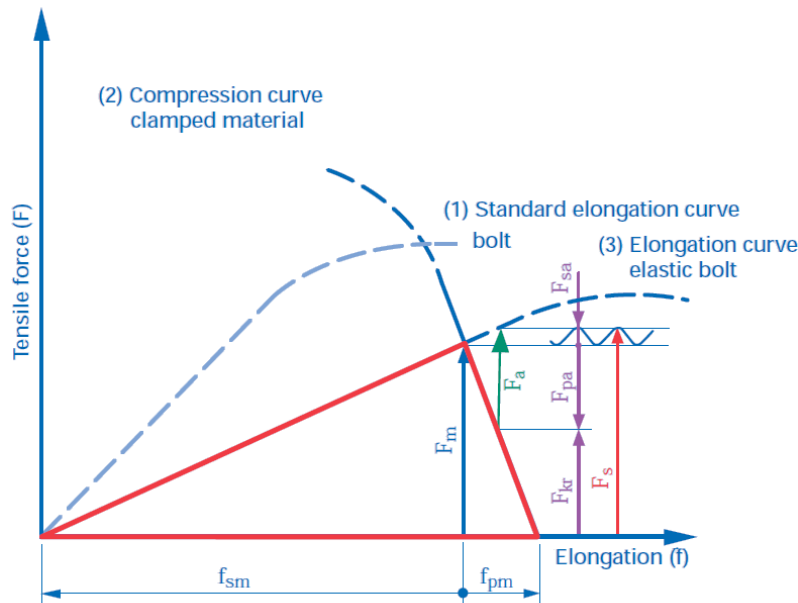
Figuur 4





Tekenen we deze externe trekbelasting F_a op de grafiek A, dan zal hij ingepast moeten worden tussen beide vervormingskarakteristieken. Als de bout namelijk onder invloed van de externe belasting rekt, zal het ingeklemde materiaal evenveel terugveren, zie grafiek B.





F_m = oorspronkelijke klemkracht in de verbinding

F_a = externe axiale belasting

F_{pa} = vermindering klemkracht door F_a

F_{sa} = verhoging boutbelasting door F_a

F_{kr} = resterende klemkracht in verbinding

F_s = totale belasting op de bout

DOOR TOEPASSING VAN EEN MEER ELASTISCHE BOUT IS DE VERHOOGING VAN DE BOUTBELASTING KLEINER.

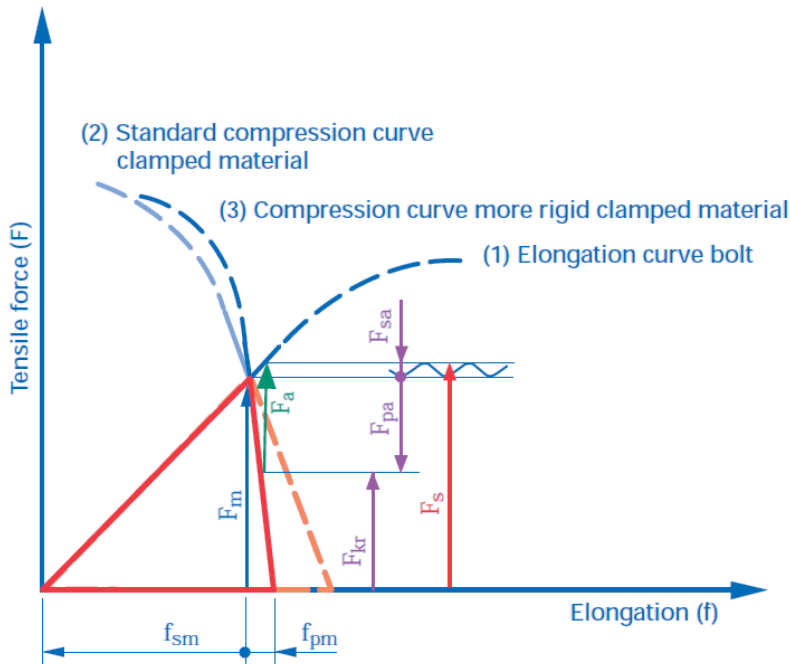
Onder invloed van de externe kracht F_a zal de oorspronkelijke klemkracht F_m verminderd worden met F_{pa} . Wat overblijft is F_{kr} , die dus de resterende klemkracht in de verbinding voorstelt. De totale kracht F_s die op de bout inwerkt, is de som van de externe belasting F_a en de resterende klemkracht F_{kr} .

F_a zorgt enerzijds voor een reductie in klemkracht (F_{pa}) en anderzijds voor een toename in belasting op de bout (F_{sa}). Het is wenselijk dat de toename in belasting zo klein mogelijk blijft, en dat niet alleen om te vermijden dat de bout overbelast raakt. Indien de externe belasting namelijk dynamisch is, zal dit door de bout enkel waargenomen worden door de schommelingen in F_{sa} . Als de amplitude van deze kracht F_{sa} groot is, kan dit snel aanleiding geven tot breuk door vermoeiing. Bovendien mag de resterende klemkracht F_{kr} nooit nul worden! Als dit gebeurt, zal de verbinding open gaan staan.

De toename in boutbelasting F_{sa} kan zoveel mogelijk worden beperkt door een zeer elastische bout te gebruiken. Hierdoor ontstaat er een minder steile vervormingscurve van de bout. Wat we dan zien, is dat de externe kracht veel meer wordt opgenomen door een reductie van de klemkracht, zie grafiek C.

Eenzelfde effect verkrijgen we door het gebruik van zeer stijve ingeklemde materialen: de vervormingscurve van de ingeklemde materialen wordt daardoor zeer steil en de externe kracht bijna volledig opgenomen door een reductie van de klemkracht, zie grafiek D.

Graph D



Door toepassing van stijvere ingeklemde materialen, is de verhoging van de boutbelasting kleiner.

IN HET KORT

Vooral bij dynamische belasting is het uitermate belangrijk dat we zorgen voor een zo laag mogelijke extra boutbelasting: deze kan namelijk bij vermoeiing plotselinge breuk veroorzaken.

Om bij een externe belasting de extra kracht op de bouten zo veel mogelijk te beperken:

- Moeten de constructiedelen zo stijf mogelijk zijn.
- Kunnen elastische bouten toegepast worden:
 - kies een grote verhouding klemlengte / diameter (≥ 5)
 - opteer voor een grotere schroefdraadlengte
 - pas eventueel een gereduceerde schachtdiameter toe (rekbouten)
- Moet de voorspankracht zo hoog mogelijk zijn, zeker hoger dan de externe belasting.

WAAROM RAKEN SCHROEFDRAADVERBINDINGEN LOS?

Goed ontworpen schroefdraadverbindingen zullen, indien correct gemonteerd, niet losraken. Het is echter niet altijd mogelijk een verbinding zodanig te ontwerpen dat deze optimaal weerstand kan bieden aan alle oorzaken van het losraken.

We onderscheiden twee belangrijke oorzaken:

- Lossen door lengteveranderingen: relaxatie en kruip.



- Vanzelf losdraaien.

Op de volgende pagina's gaan we nader in op beide oorzaken en de constructieve maatregelen die genomen kunnen worden.

LOSSEN DOOR RELAXATIE EN KRUIP

Onmiddellijk na montage kan een deel van de opgebouwde klemkracht al verloren gaan door 'relaxatie' of 'zetten' van de verbinding. Ook na verloop van tijd kan de klemkracht nog verder dalen, door 'kruip'.

Voor relaxatie of zetten zijn zowel de ingeklemde onderdelen als de bevestigingsartikelen zelf verantwoordelijk. De ingeklemde constructiedelen vertonen een bepaalde oppervlakteruwheid en zijn niet altijd volledig parallel.

Ook de schroefdraad en de oplegvlakken van bouten en moeren hebben een zekere oppervlakteruwheid. Bovendien staat de schroefdraad van de moer niet volledig haaks op die van de bout. Onmiddellijk na het aanbrengen van de voorspankracht zien we dat de oppervlakteruwheid gedeeltelijk wordt weggedrukt en dat er een vervorming ontstaat. Deze heft de onhaaksheid of de onevenwijdigheid gedeeltelijk op.

Het gevolg: een deel van de oorspronkelijke boutverlenging wordt tenietgedaan en de klemkracht daalt.

In grafiek E kunnen we zien wat het effect is van het zetten op de klemkracht bij korte verbindingen. In proeven werden bouten aangespannen tot een voorspankracht overeenkomstig norm VDI2230 (VDI = Verein Deutscher Ingenieure). Dit is een benutting van 95% van de toelaatbare spanning (vloiegrens, resp. 0,2% rekgrens). De klemlengte was telkens gelijk aan de diameter van de bout, met andere woorden $l_k/D = 1$. Grafiek E geeft aan wat het verlies is aan voorspankracht als gevolg van een zetverschijnsel van 0,008 mm.

We kunnen concluderen dat bij hogere voorspankrachten het procentuele verlies aan voorspankracht door een zetverschijnsel kleiner is. Verder onderzoek toonde ook aan dat bij een stijgende verhouding klemlengte/-diameter (l_k/D) de gevolgen van het zetverschijnsel niet meer zo snel toenemen.

Grafiek F laat zien dat met de compressiekracht van F_z , de klemkracht in de verbinding afneemt met F_z . De normaal verwachte resterende klemkracht van F_{kr1} is daarom gedaald naar F_{kr2} . In dynamisch belaste verbindingen, is de klemkracht te laag, dan verhoogt dit drastisch de kans op vermoeingsbreuken.

Soms zullen ingeklemde materialen na verloop van tijd steeds meer gaan vervormen. Dit verschijnsel noemen we 'kruip' en zien we vooral bij kunststoffen, die reeds bij lage drukspanning vervormen. Ingeklemde kunststoffen zijn dus uit den boze als u de opgebouwde voorspankracht wilt behouden. Denk daarbij vooral ook aan coatings (verf, roest, zinklagen...).

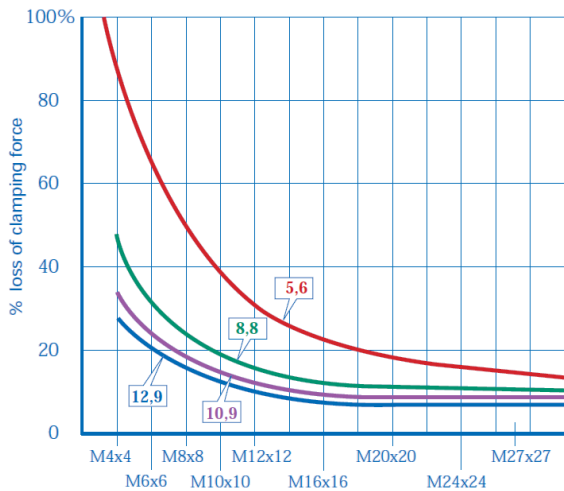
Ook ingeklemde metalen waarvan de maximaal toelaatbare vlaktedruk wordt overschreden, neigen tot kruip. Een veel voorkomende fout is bijvoorbeeld dat te zachte sluitringen worden toegepast onder 8.8 of 10.9 bouten, waardoor deze plastisch vervormen en de oorspronkelijke klemkracht wordt afgebouwd.

De tabel op de volgende pagina geeft voor een aantal materiaalsoorten de maximale vlaktedruk weer die onder de boutkop of moer mag optreden. Bedenk daarbij ook dat de toelaatbare vlaktedruk afhangt van de temperatuur. Zo zal aluminium vaak al kruip vertonen bij lage drukspanning en een temperatuur vanaf 160°C.

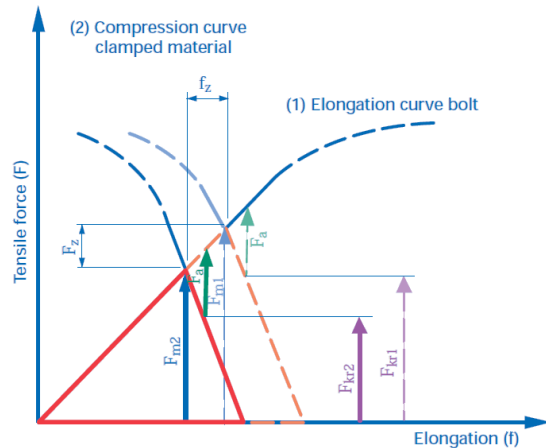
Voor vele staalsoorten ligt die temperatuur op 240°C en hoger.



Graph E



Graph F



Embedding f_z causes a reduction F_z of the clamping force in the connection.

Maximale vlaktedruk volgens VDI 2230

Materiaal		Materiaal nummer	Max. vlaktedruk (MPa)
Ongelegeerd constructiestaal	USt 37-2	1.0036	490
	St 50-2	1.0050	710
Laaggelegeerd veredeld staal	Cq 45	1.1192	630
	34CrNiMo 6	1.6582	1080
	38 MnSi-V5 5-BY	-	810
	16 MnCr 5	1.7131	900
Austenitisch CrNi staal	X5 CrNi 18 12	1.4303	630
	X5 CrNiMo 17 12 2	1.4401	460
	X5 NiCrTi 26 15	1.4980	860
Gietijzer	GJL-250	0.6020	850
	GJL-260 Cr	-	600
	GJS-400	0.7040	600
	GJS-500	0.7050	750
	GJS-600	0.7060	900
	Aluminiumlegering	AlMgSi 1 F31	3.2315.62
AlMgSi 1 F28		3.2315.61	230
AlMg4,5Mn F27		3.3547.08	230
Aluminiumgietlegering	GK-AlSi9Cu3	3.2163.02	220
	GK-AlSi9Cu3	3.2163.05	290
	GK-AlSi7Mg wa	3.2371.62	380
Magnesiumlegering	GD-AZ 91 (MgAl9Zn1)	-	180
	GK-AZ 91-T4	-	210

IN HET KORT

Om zetverschijnsel zo veel mogelijk te vermijden:



- Dient u de contactvlakken glad en evenwijdig af te werken.
- Moet de verhouding lk/D zo groot mogelijk zijn (vuistregel: $lk/D \geq 5$).
- Moet de voorspankracht zo hoog mogelijk zijn, zonder de maximaal toelaatbare vlaktedruk van de ingeklemde materialen te overschrijden.

Om kruip zo veel mogelijk te vermijden:

- Dient u het inklemmen van kunststoffen te voorkomen. Zij kunnen over het algemeen de klemkracht niet behouden. U kunt eventueel stalen bussen in de boring plaatsen.
- Moet u ervoor zorgen dat contactvlakken geen dikke, vervormbare coating bezitten. Lakken dient dus na montage plaats te vinden, niet ervoor.
- Dient u bij het toepassen van sluitringen rekening te houden met een aangepaste hardheid (minimaal 200 HV voor 8.8, minimaal 300 HV voor 10.9).

Door de aangebrachte voorspankracht mag de toelaatbare vlaktedruk van de ingeklemde materialen niet worden overschreden.

VANZELF LOSDRAAIEN

Twee verschijnselen liggen ten grondslag aan het 'uit zichzelf losdraaien' van een schroefdraadverbinding:

- Het inwendige losdraaimoment.
- Het optreden van verschuivingen onder invloed van dwarsbelasting.

Het inwendige losdraaimoment ontstaat doordat de klemkracht in een boutverbinding de moer als het ware langs de helling van de schroefdraad wil laten wegglijden. Zonder wrijving in het oplegvlak van de moer en in de schroefdraad zou het behoud van klemkracht in de boutverbinding inderdaad niet mogelijk zijn.

Hoe groter de voorspankracht en de spoedhoek van de schroefdraad, hoe hoger het inwendige losdraaimoment zal zijn.

Hiervoor hanteren we de volgende formule:

$$M_{li} = - \frac{F_v \times P}{2\pi}$$

M_{li} staat voor het inwendige losdraaimoment, F_v voor de voorspankracht en P voor de spoed van de schroefdraad.

Over het algemeen is echter de wrijving tussen de contactvlakken hoog genoeg, zodat het inwendige losdraaimoment pas van belang wordt als wisselende dwarskrachten op de verbinding inwerken.

De wrijving die door de klemkracht wordt opgewekt verdwijnt pas bij onderlinge verschuivingen tussen de oplegvlakken van de boutkop of moer met de constructie elementen. Dit is het geval als de bout onvoldoende elastisch is om de onderlinge beweging tussen de ingeklemde delen op te vangen.

Indien er verschuiving optreedt, zal bij elke richtingverandering van de belasting de wrijving even nul worden. Op dat ogenblik zal het inwendige losdraaimoment de moer of de bout ten opzichte van elkaar doen verdraaien.

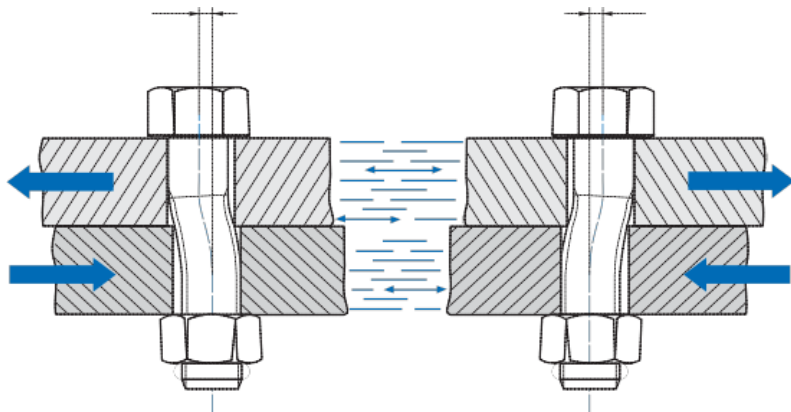
IN HET KORT

Om het uit zichzelf losdraaien van een schroefdraadverbinding tegen te gaan, kunt u de volgende maatregelen treffen:

- Een hoge voorspankracht aanbrengen, waardoor er minder kans bestaat op verschuiven.



- Zorgen voor een flexibele verbinding, door een grote verhouding klem lengte/diameter: $l_k/D \geq 5$. Hierdoor wordt de toelaatbare onderlinge verschuiving groter.
- Verschuiving van constructie-elementen voorkomen door gebruikmaking van passschroeven, pennen en spanbussen.
- De wrijving tussen de contactvlakken verhogen door het aanbrengen van frictiecoatings of het opruwen door stralen.



HET BORGEN VAN SCHROEFDRAADVERBINDINGEN

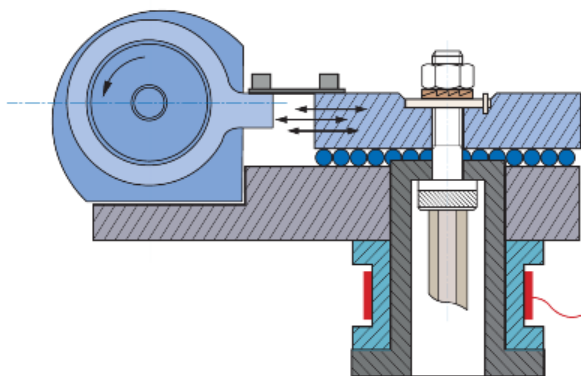
De eerder genoemde constructieve maatregelen zijn helaas niet altijd praktisch haalbaar. Vaak lukt het niet om een hoge voorspankracht te garanderen, bijvoorbeeld omdat we niet over nauwkeurige montageapparatuur beschikken terwijl de wrijvingscoëfficiënten beheersbaar moeten zijn.

Om esthetische redenen of door plaatsgebrek is het in veel gevallen moeilijk om voldoende klem lengte te creëren en zo de boutverbinding elastischer te maken.

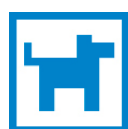
Daarom zijn er talloze producten ontwikkeld die beloven het risico van losrakende verbindingen geheel of gedeeltelijk uit te sluiten.

Dat echter niet alle producten voldoen, bewijzen de resultaten op een zogenaamde Junkersmachine. Met deze machine wordt het verlies aan klemkracht gemeten onder invloed van een wisselende warsbeweging van een ingeklemd onderdeel.

JUNKERS MACHINE



We draaien een bout, tezamen met het te testen product, aan tot de vereiste voorspankracht. Vervolgens wordt één van de ingeklemde platen met een bepaalde amplitude en frequentie dwars op de boutverbinding heen en weer geschoven. Een krachtopnemer meet intussen voortdurend de voorspankracht.



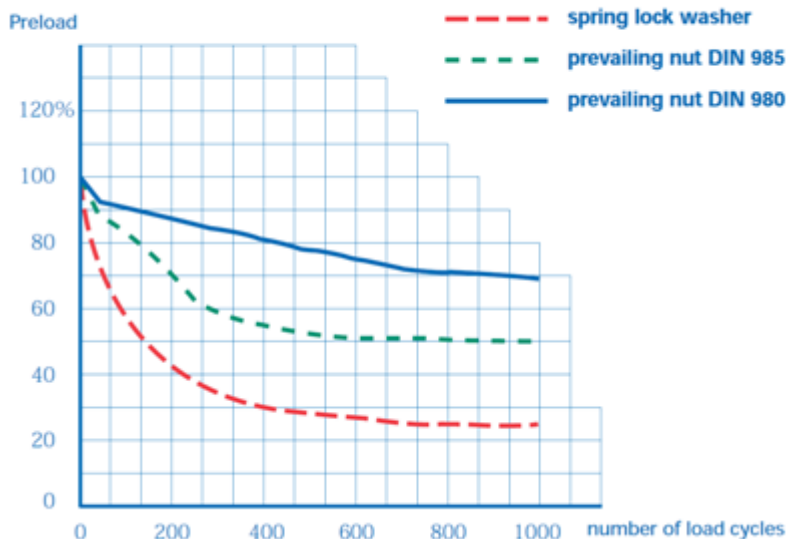
In grafiek G wordt de voorspankracht in de Y-as uitgezet, ten opzichte van het aantal bewegingen (of de tijd) in de X-as.(or the time) in the X-axis.

Uiteraard zijn de producten die onder gegeven omstandigheden nauwelijks verlies van klemkracht vertonen de beste. De grafiek zal in zulke gevallen, eventueel na een kleine terugval, ongeveer horizontaal verlopen, zie grafiek H.

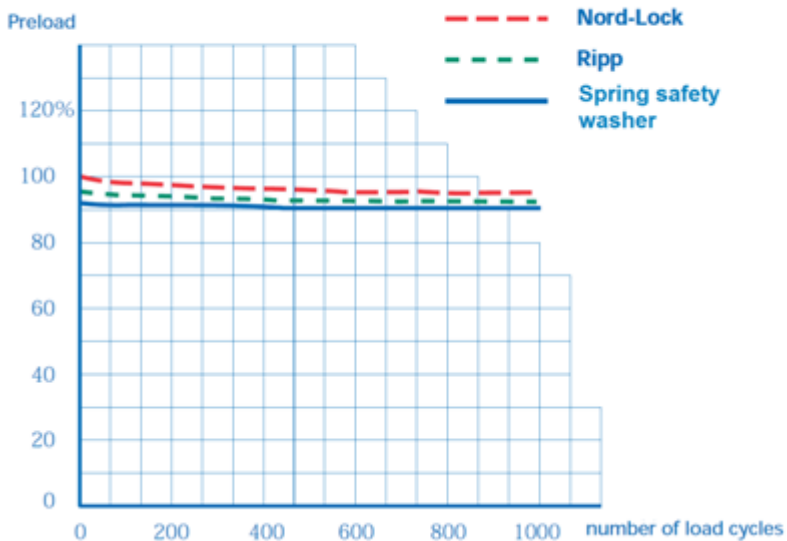
Toch zult u niet altijd kunnen blindvaren op de resultaten die met de Junkersproef worden verkregen.

De bedrijfsomstandigheden kunnen zo specifiek zijn dat extra onderzoek noodzakelijk is om tot een goed advies te komen voor het oplossen van het borgingsprobleem.

Graph G



Graph H



CONCLUSIE

Veel onheil door losrakende schroefdraadverbindingen kunt u voorkomen door een goed ontwerp en een correcte montage. Zorg daarom voor voldoende klemkracht tijdens de montage en voorkom dat deze in de toepassing verloren gaat.

Het is belangrijk om in het ontwerp van een dynamisch belaste verbinding erop te letten dat de toename in trekspanning in de bout door de externe belasting zo laag mogelijk is. Dit om vermoeiingsbreuk tegen te gaan.

Voor een correcte montage is het belangrijk dat u controleert of de aangebrachte voorspankracht de maximaal toelaatbare vlaktedruk van de ingeklemde constructiedelen niet overschrijdt. Door zetverschijnselen of kruip kan anders losraken ontstaan.

Hiervoor is niet alleen een eenvoudige berekening van de drukspanning nodig, maar zeker ook een nauwkeurige bepaling van de aandraaimethode.

De opgesomde constructieve maatregelen zijn echter niet altijd mogelijk. Ook kan het gebeuren dat u niet zorgvuldig genoeg kunt monteren. In zulke gevallen is het losraken van een schroefdraadverbinding niet uitgesloten. Om dit te voorkomen, bestaat er een uitgebreid assortiment aan borgingsproducten.

Sommige borgingsproducten kunnen zetverschijnselen compenseren, anderen daarentegen zijn gericht op het waarborgen van de klemkracht of fungeren enkel als verliesborging.

Een goed ontworpen en gemonteerde bevestiging brengt veiligheid en duurzaamheid in uw constructie. Er zijn vele voorbeelden van falende verbindingen waar schade en ongelukken door zijn ontstaan. Vandaar dat kennis van bevestigingen cruciaal is voor ontwerpers, constructeurs en monteurs.

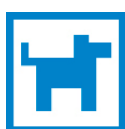
IMPERIAL (INCH-)BEVESTIGINGSMATERIALEN

MAATSYSTEMEN

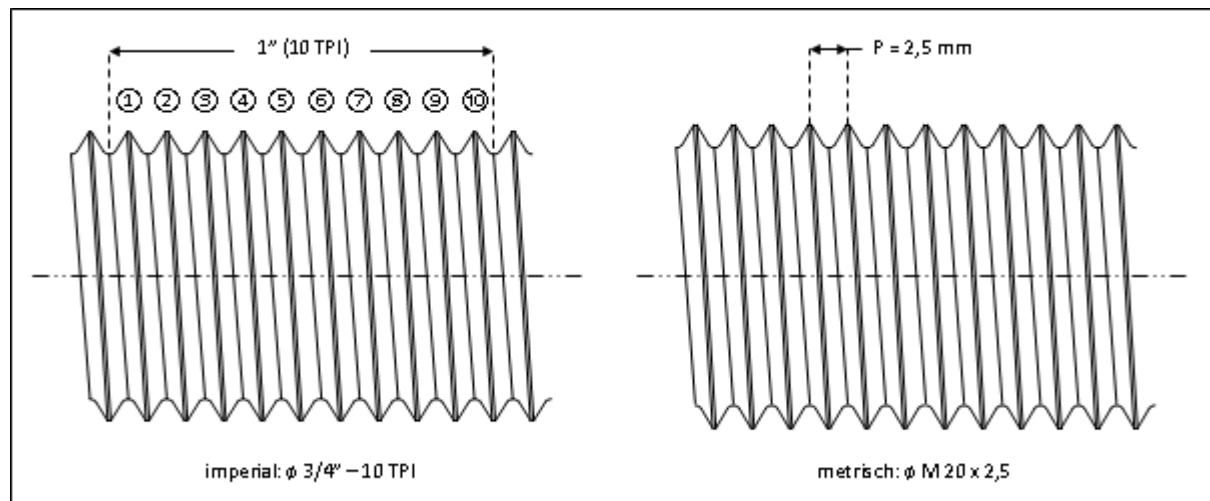
Er bestaan twee systemen voor het meten van gewicht en afstand – het metrisch maatsysteem (SI-stelsel) en het Brits-Amerikaanse maatsysteem (imperial standard system). Het laatste is gebaseerd op de Britse Weight and Measures Act van 1824, en hoewel de populariteit ervan langzaam verminderd is dit nog steeds gemeengoed in vele, voornamelijk Engelssprekende landen en voormalige Britse kolonies. De afmetingen van een product volgens dit systeem worden uitgedrukt in thou (UK) of mil (USA), inches, feet, yards, miles etc. Hoewel het U.S. customary system de officiële aanduiding voor het Amerikaanse maatsysteem is, met hier en daar wat verschillen ten opzichte van het Britse imperiale systeem, zijn de systemen voor gebruik bij bevestigingsmaterialen gelijk of op zijn minst prima vergelijkbaar. De meest gebruikte eenheden voor de afmetingen van bevestigingsmaterialen zijn inches (in het Nederlands ook wel “duim”) en feet (“voet”). Eenheden voor het uitdrukken van spanning en druk zijn pound-force per square inch (lbf/in² of psi). 1.000 psi is gelijk aan 1 ksi, kilopound-force per square inch. Eén ksi is ongeveer gelijk aan 6,9 MPa (= N/mm²).

De basiseenheid “inch” is exact gelijk aan 25,4 mm. Er gaan 12 inches in een foot, die meet dus 304,8 mm. Een yard is gelijk aan drie voet of 36 inches en is dus 914,4 mm. Het symbool voor “inch” in maataanduidingen is in of simpelweg het dubbele aanhalingsteken “. In het Verenigd Koninkrijk worden afmetingen in inches gewoonlijk gepresenteerd als breuken (bijvoorbeeld 3/4”, 1.17/64”), terwijl in de Verenigde Staten vaak de decimale notatie wordt gebruikt bij niet-nominale maataanduidingen (bijvoorbeeld 1.2656”, maar ook 3/4”).

Een ander significant verschil met het SI-stelsel is dat de spoed van een schroefdraad uitgedrukt wordt als het aantal gangen per duim (threads per inch, of TPI), in tegenstelling tot het metrisch systeem waar de spoed (P) wordt gedefinieerd als de afstand tussen twee schroefdraadgangen.



Conversie is echter eenvoudig, zoals onderstaande illustratie laat zien. Een schroefdraad met 10 TPI heeft een spoed P van $25,4/10 = 2,54$ mm.



POPULAIRE INCH SCHROEFDRAAD TYPES

UNIFIED INCH SCHROEFDRAAD - NATIONAL COARSE (UNC) EN CONSTANT PITCH (8UN)

Het meest gebruikte type schroefdraad in de VS is de Unified National Coarse draad, afgekort tot UNC (soms ook NC). Dit is de standaard grove schroefdraad in de VS. Unified schroefdraad is ontworpen met een tophoek van 60° en kent een aantal diameter-spoed combinaties. Dit schroefdraad-systeem werd ontwikkeld door William Sellers in 1864 en werd binnen een paar jaar verheven tot een Amerikaanse norm. Gedetailleerde informatie over dit schroefdraadtype kan gevonden worden in de normen ASME B1.1 and ISO 5864.

Voorbeelden van UNC schroefdraad aanduidingen zijn $3/8''$ UNC, of beter $3/8''-16\text{UNC}$. 16 is het aantal gangen per duim (TPI) en het symbool " " betekent inch. Een voorbeeld van een complete aanduiding voor de nominale diameter van een artikel met externe schroefdraad is $3/8''-16\text{UNC}-2\text{A}$, hierbij is ook de tolerantieklasse 2A aangegeven, de 'standaard' klasse met een allowance, een basisafwijking van de nominale buitendiameter, en een tolerantieveld. Bevestigingsmaterialen met interne draad worden dan aangeduid met $3/8''-16\text{UNC}-2\text{B}$, waarbij 2B de 'standaard' tolerantieklasse is zonder basisafwijking maar met uitsluitend een tolerantieveld.

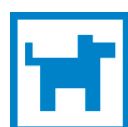
De kleinste gestandaardiseerde UNC schroefdraden, van 0.0730" tot 0.2160" in diameter, worden aangeduid met een nummer, "No.1-64UNC" tot en met "No.12-24UNC". Grotere diameters worden aangeduid als een breuk, beginnend vanaf $1/4''-20\text{UNC}$ tot aan 6 inches.

8UN schroefdraad is een UNC variant met een constante spoed. De "8" in 8UN betekent dat boven een bepaalde diameter (de grenzen staan in de eerder genoemde normen) de spoed van 8UN draad altijd 8 TPI bedraagt, voor elke draaddiameter. In het geval van 8UN hebben alle diameters groter dan 1" deze constante spoed van 8 TPI. 8UN draad is gebruikelijk voor bevestigingsmaterialen o.a. toegepast in de petrochemie, zoals studbolts. De complete aanduiding lijkt op die van UNC schroefdraad; bijvoorbeeld $1.1/2''-8\text{UN}-2\text{A}/2\text{B}$ of $3.1/4''-8\text{UN}-2\text{A}/2\text{B}$. Andere, (beduidend) minder populaire series met constante spoed zijn 4UN, 6UN, 12UN tot aan 32UN.

Alle schroefdraad met een diameter-spoed combinatie die niet in de gestandaardiseerde reeksen van de eerdergenoemde normen voorkomen, maar met basisafwijkingen en tolerantievelden die berekend zijn met behulp van de formules in deze normen, worden aangeduid als UNS, waar de "S" staat voor speciale schroefdraad.

UNIFIED INCH SCHROEFDRAAD - NATIONAL FINE (UNF) EN EXTRA FINE (UNEF)

De Unified National Fine schroefdraad, afgekort tot UNF (soms ook "NF"), is de versie met fijne schroefdraad, voornamelijk gebruikt in de VS. UNEF is de aanduiding voor extra fijne schroefdraad



met nog meer TPI (dus een nog kleinere spoed) dan UNF schroefdraad. Unified schroefdraad is ontworpen met een tophoek van 60° en kent een aantal diameter-spoed combinaties. Dit schroefdraadsysteem werd ontwikkeld door William Sellers in 1864 en werd binnen een paar jaar verheven tot een Amerikaanse norm. Gedetailleerde informatie over dit schroefdraadtype kan gevonden worden in de normen ASME B1.1 and ISO 5864.

Voorbeelden van UNF schroefdraad aanduidingen zijn 3/8" UNF, of beter 3/8"-24UNF. 24 is het aantal gangen per duim (TPI) en het symbool " betekent inch. Een voorbeeld van een complete aanduiding voor de nominale diameter van een artikel met externe schroefdraad is 3/8"-24UNF-2A, hierbij is ook de tolerantieklasse 2A aangegeven, de 'standaard' klasse met een allowance, een basisafwijking van de nominale buitendiameter, en een tolerantieveld. Bevestigingsmaterialen met interne draad worden dan aangeduid met 3/8"-24UNF-2B, waarbij 2B de 'standaard' tolerantieklasse is zonder basisafwijking maar met uitsluitend een tolerantieveld. UNEF schroefdraad wordt op gelijkaardige wijze aangeduid als bijvoorbeeld 3/8"-32UNEF-2A/2B.

De kleinste gestandaardiseerde UNF schroefdraden, van 0.0600" tot 0.2160" in diameter, worden aangeduid met een nummer, "No.0-80UNF" tot en met "No.12-28UNF". Grotere diameters worden aangeduid als een breuk, beginnend vanaf 1/4"-28UNF tot aan 1.1/2"-12UNF. De kleinste UNEF afmeting is No.12-32UNEF en de grootste diameter is 1.11/16"-18UNEF.

Ile schroefdraad met een diameter-spoed combinatie die niet in de gestandaardiseerde reeksen van de eerdergenoemde normen voorkomen, maar met basisafwijkingen en tolerantievelden die berekend zijn met behulp van de formules in deze normen, worden aangeduid als UNS, waar de "S" staat voor speciale schroefdraad.

Er bestaat soms wat verwarring over de nominale diameter 1" als het over UNF schroefdraad gaat. In de norm ASME B1.1 heeft 1" UNF draad 12 TPI. Maar historisch, teruggaand in de tijd tot 1935, was dat ooit 14TPI. De speciale schroefdraad 1"-14UNS, met 14 gangen per duim, wordt nog steeds zoveel toegepast dat deze de plaats van de 1"-12UNF heeft ingenomen. In tabel 2 van ASME B1.1 staat een voetnoot die betrekking heeft op de 1"-14UNS draad: "Vroeger NF. Geen aanbevolen standaard afmeting. Toleranties en basisafwijkingen zijn gebaseerd op één inch inschroeflengte". Ondanks dat wordt al een aantal decennia de 1"-14UNS schroefdraad gezien als de standaard fijne schroefdraad voor 1". Hoewel technisch gezien onjuist, wordt deze schroefdraad globaal geaccepteerd als de standaard fijne schroefdraad voor bevestigingsmaterialen van 1" in diameter, en is 1"-14UNF de universele aanduiding ervan geworden. Gezien deze ontwikkeling is het aan te bevelen om altijd het aantal TPI te controleren als het gaat over UNF bevestigingsmaterialen met een diameter van 1".

BRITISH STANDARD WHITWORTH (BSW OF WW) SCHROEFDRAAD

Een inchschröefdraad afkomstig uit Groot Brittannië is de zogenaamde British Standard Whitworth draad, afgekort BSW of simpelweg WW. BSW was de algemeen toegepaste schroefdraad in het VK, maar haar populariteit neemt snel af, als gevolg van de wereldwijde tendens metrische schroefdraad te prefereren. BSW schroefdraad is ontworpen met een tophoek van 55°. De schroefdraad dankt haar naam aan de Engelsman Sir Joseph Whitworth, die in 1841 voorstelde om schroefdraden te standaardiseren. Zijn voorstel raakte al snel ingeburgerd en werd uiteindelijk gepubliceerd als de eerste nationale norm voor schroefdraad ter wereld. Gedetailleerde informatie over dit schroefdraadtype kan gevonden worden in de norm BS 84.

Voorbeelden van BSW schroefdraad aanduidingen: 3/8" WW, 3/8" BSW, of beter 3/8"-16BSW. 16 is het aantal gangen per duim (TPI) en het symbool " betekent inch. Indien nodig, kan de tolerantieklasse na de diameter tussen haakjes worden aangegeven; BS 84 bevat de klassen close en free (alleen voor bevestigingsmaterialen met externe schroefdraad), normal (voor bevestigingsmaterialen met interne schroefdraad) en medium voor zowel bouten als moeren. Als niets wordt gespecificeerd zal de klasse normal en/of medium geleverd worden.

BSW schroefdraad is gestandaardiseerd vanaf 1/8"-40BSW tot en met 6"-2,5BSW. Omdat sommige BSW diameter-spoed combinaties gelijk zijn aan die met UNC schroefdraad, kunnen ze in principe



worden uitgewisseld. Vanwege de configuratie van de tophoek en wat andere kleine verschillen wordt dit echter niet aangeraden.

BRITISH STANDARD FINE (BSF) SCHROEFDRAAD

De British Standard Fine schroefdraad, afgekort BSF, is de variant met fijne draad van de BSW (British Standard Whitworth) schroefdraad. BSW was de algemeen toegepaste schroefdraad in het VK, maar haar populariteit neemt snel af, als gevolg van de wereldwijde tendens metrische schroefdraad te prefereren. British Standard Fine schroefdraad is, net als BSW schroefdraad, ontworpen met een tophoek van 55°. De schroefdraad dankt haar naam aan de Engelsman Sir Joseph Whitworth, die in 1841 voorstelde om schroefdraden te standaardiseren. Zijn voorstel raakte al snel ingeburgerd en werd uiteindelijk gepubliceerd als de eerste nationale norm voor schroefdraad ter wereld. Gedetailleerde informatie over dit schroefdraadtype kan gevonden worden in de norm BS 84.

Voorbeelden van BSF schroefdraad aanduidingen: 3/8" BSF, of beter 3/8"-20BSF. 20 is het aantal gangen per duim (TPI) en het symbool " betekent inch. Indien nodig, kan de tolerantieklasse na de diameter tussen haakjes worden aangegeven; BS 84 bevat de klassen close en free (alleen voor bevestigingsmaterialen met externe schroefdraad), normal (voor bevestigingsmaterialen met interne schroefdraad) en medium voor zowel bouten als moeren. Als niets wordt gespecificeerd zal de klasse normal en/of medium geleverd worden.

BSF schroefdraad is gestandaardiseerd vanaf 3/16"-32BSF tot en met 4.1/4"-4BSF. Er zijn geen BSF diameter-spoed combinaties gelijk aan UNF of UNEF draad.

PIJPSCHROEFDRAAD (BSP)

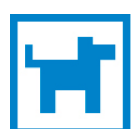
BSP pijpschroefdraad, ook wel aangeduid als Whitworth pijpschroefdraad, is de meest gebruikte draadsoort voor pijpverbindingen ter wereld. Allerlei producten, zoals buizen, fittingen, smeernippels etc. worden voorzien van dit schroefdraadtype. BSP schroefdraad is ontworpen met een tophoek van 55°. Alle aspecten van dit type schroefdraad kunnen gevonden worden in de normen voor BSP schroefdraad, EN ISO 228-1 of EN 10226-1 en EN 10226-2 (de laatste twee gebaseerd op ISO 7-1).

Er bestaan twee soorten BSP draad, de parallelle- of cilindrische draad (BSPP) en de tapse- of conische draad (BSPT). EN ISO 228-1 beschrijft de BSPP externe- en interne schroefdraad, deze zijn niet bedoeld om in de draad afdichtende verbindingen te maken. Als verbindingen met BSPP schroefdraad afdichtend moeten zijn, dan kan dit worden bereikt door het klemmen van twee oppervlakken buiten de schroefdraad, voorzien van een geschikte afdichting. EN 10226-1 beschrijft de combinatie van BSPT externe- met BSPP interne schroefdraad en EN 10226-2 beschrijft de combinatie van BSPT externe- en interne schroefdraad, beide systemen zijn geschikt om er een in de schroefdraadflanken afdichtende verbinding (jointing threads) mee te realiseren. Het kan wenselijk zijn een afdichtmiddel (bijvoorbeeld PTFE tape) toe te passen om de dichtheid van de verbinding te optimaliseren en spiraalvormige lekkage te voorkomen.

BSP schroefdraad wordt aangeduid met de pijpdiameter. Parallelle externe- en interne schroefdraad, waarbij de afdichting niet in de schroefdraad gemaakt wordt (EN ISO 228-1) wordt aangeduid met G. Bij externe schroefdraad wordt aanvullend de letter A of B gebruikt om de tolerantieklasse aan te geven. Voor schroefdraad waarbij de afdichting in de draad plaats vindt (EN 10226) wordt de aanduiding R gebruikt voor tapse externe schroefdraad, Rp voor parallelle interne draad en Rc voor tapse interne draad.

Voorbeelden zijn G1.1/2" en G1.1/2"A voor parallelle externe-, respectievelijk interne schroefdraad volgens EN ISO 228-1, en R1.1/2" voor tapse externe draad, Rp1.1/2" voor parallelle interne draad en ten slotte Rc1.1/2" voor tapse interne schroefdraad, volgens EN 10226.

Verder zijn nog het vermelden waard de normen ASME B1.20.1, een norm voor een grote verscheidenheid aan pijpschroefdraad (NPT, NPSC, NPTR, NPSM en NPSL), en ASME B1.20.3, een norm voor z.g. dryseal pijpschroefdraad (NPTF-1, NPTF-2, PTF-SAE SHORT, NPSF en NPSI). De laatstgenoemde schroefdraden kunnen een afdichtende werking hebben zonder dat er aanvullende afdichtmiddelen hoeven te worden gebruikt, als gevolg van de interferentie tussen de toppen en de



kern van de schroefdraad, waardoor een cirkelvormige afdichting gevormd wordt. Alle genoemde schroefdraadtypes zijn gebaseerd op een tophoek van 60° en hebben een vergelijkbare functionaliteit als de eerdergenoemde BSPP en BSPT schroefdraden. Ze worden aangeduid met de pijpdiameter-spoed combinatie en de afkorting van het draadtype. Deze pijpschroefdraden worden vooral toegepast in de VS. Pijpschroefdraad volgens deze normen zijn niet zonder meer uitwisselbaar met BSP schroefdraad.

NORMEN VOOR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN EN HUN MATERIALEN

Een norm of standaard is een document met erkende afspraken, specificaties of criteria over een product, een dienst of een methode. Normen worden binnen een bedrijf of organisatie, binnen een consortium van organisaties of door erkende normalisatie-instellingen vastgelegd. Erkende normalisatie-instellingen (zowel nationale als internationale) werken volgens een vastgelegd proces.

Een norm is van groot belang in het internationale handelsverkeer. Normen zorgen ervoor dat producten of diensten makkelijker geaccepteerd worden in andere landen. Wanneer er naar een norm verwezen wordt heeft een artikel weinig tot geen verdere beschrijving. De meeste eigenschappen van een product (in geval van bevestigingsmaterialen vaak afmetingen, toleranties, materialen, mechanische eigenschappen etc.) zijn ten slotte al beschreven in de norm. Normen maken het tevens makkelijker om kennis en nieuwe technologieën te verspreiden.

Normen worden over het algemeen vrijwillig toegepast. Dit neemt niet weg dat de naleving van een norm kan worden verplicht. Enerzijds kan de overheid verwijzen naar normen in wetten en regelgeving. Anderzijds kunnen ook contracten verwijzen naar de toepassing van normen.

De primaire normalisatie instellingen voor inch-bevestigingsmaterialen:

[AISI](#) – American Iron and Steel Institute

[ANSI](#) – American National Standards Institute

[ASME](#) – American Society of Mechanical Engineers

[ASTM](#) – American Society for Testing and Materials

[BS](#) – British Standard

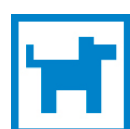
[IFI](#) – Industrial Fasteners Institute




[SAE](#) – Society of Automotive Engineers






MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN

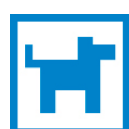
De eisen voor mechanische eigenschappen van inch-bevestigingsmaterialen worden gespecificeerd in SAE en ASTM normen. De onderstaande tabellen bevatten een samenvatting van de vereiste eigenschappen van een aantal veelgebruikte bevestigingsmaterialen.







Stalen zeskantbouten, cilinderkopschroeven met binnenzeskant en laagbolkop- en verzonken kop schroeven met binnenzeskant									
Specificatie	Materiaal	Diameter (inches)	Minimale proefbelasting (psi)	Minimale treksterkte (psi)	Kernhardheid Rockwell		Minimale rekgrens (psi)	Klasse aanduiding	Bijpassende moeren
					min	max			
SAE J429-Grade 2	Koolstofstaal	¼ - ¾	55 000	74 000	B80	B100	57 000		ASTM A563 Grade A
		¾ - 1½	33 000	60 000	B70	B100	36 000		
SAE J429-Grade 5	Koolstofstaal gehard en ontlaten	¼ - 1	85 000	120 000	C25	C34	92 000		SAE J995 Grade 5
		1½ - 1½	74 000	105 000	C19	C30	81 000		
SAE J429-Grade 8	Gelegeerd staal gehard en ontlaten	¼ - 1½	120 000	150 000	C33	C39	130 000		SAE J995 Grade 8
ASTM A574 binnenzeskant cilinderkopschroeven	Gelegeerd staal gehard en ontlaten	No.0 - ½	140 000	180 000	C39	C45	153 000		
		¾ - 4	135 000	170 000	C37	C45			
ASTM F835 binnenzeskant laagbolkop- en verzonken kop schroeven	Gelegeerd staal gehard en ontlaten	No.0 - ½		140 000	C39	C44			
		¾ - 1½		135 000	C37	C44			





Stalen zeskantmoeren						
Specificatie	Materiaal	Diameter (inches)	Minimale proefbelasting (psi)	Hardheid Rockwell		Klasse aanduiding
				min	max	
SAE J995-Grade 2	Koolstofstaal	¼ - 1½	90 000 ¹		C32	
			80 000 ²			
SAE J995-Grade 5	Koolstofstaal	¼ - 1	120 000 ¹		C32	
			109 000 ²			
		1½ - 1½	105 000 ¹		C32	
			94 000 ²			
SAE J995-Grade 8	Gelegeerd staal gehard en ontlaten	¼ - 5/8	150 000	C24	C32	
		¾ - 1		C26	C34	
		1½ - 1½		C26	C36	

¹ bevestigingsmaterialen met UNC en 8UN schroefdraad
² bevestigingsmaterialen met UNF, UNEF en fijnere schroefdraad



Roestvaststalen bouten, schroeven, cilinderkop Schroeven met binnenzeskant en draadstangen								
Specificatie	Behandelings-toestand	Diameter (inches)	Treksterkte (psi)	Kernhardheid Rockwell		Minimale rekgrens (psi)	Klasse aanduiding	Bijpassende moeren
				min	max			
ASTM F593 alloy group 1 (304, 304L)	CW1	¼ - ½	100 000 - 150 000	B95	C32	65 000		ASTM F594 C
	CW2	¾ - 1.½	85 000 - 140 000	B80	C32	45 000		ASTM F594 D
ASTM F593 alloy group 2 (316, 316L)	CW1	¼ - ½	100 000 - 150 000	B95	C32	65 000		ASTM F594 G
	CW2	¾ - 1.½	85 000 - 140 000	B80	C32	45 000		ASTM F594 H

CW = een zekere mate van koudvervorming door smeden en rollen van gegloeid materiaal; diameters gelijk aan of groter dan ¼ kunnen warmgeperst en oplossingsgegloeid zijn

Roestvaststalen zeskantmoeren						
Specificatie	Behandelings-toestand	Diameter (inches)	Proefbelasting (psi)	Kernhardheid Rockwell		Klasse aanduiding
				min	max	
ASTM F594 alloy group 1 (304, 304L)	CW1	¼ - ½	100 000	B95	C35	
	CW2	¾ - 1.½	85 000	B80	C35	
ASTM F594 alloy group 2 (316, 316L)	CW1	¼ - ½	100 000	B95	C35	
	CW2	¾ - 1.½	85 000	B80	C35	

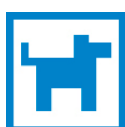
CW = gegloeid en koudvervormd; diameters gelijk aan of groter dan ¼ kunnen warmgeperst en oplossingsgegloeid zijn

TOEPASSINGSGEBIEDEN VOOR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN

Producten die geproduceerd worden in landen waar het imperial standard system gebruikt wordt zullen vaak inch-bevestigingsmaterialen bevatten. Producten elders geproduceerd maar bestemd voor landen waar het imperial standard system gebruikt wordt kunnen ook inch-bevestigingsmaterialen bevatten.

BEDRIJFSTAKKEN WAAR INCH-BEVESTIGINGSMATERIALEN REGELMATIG VOORKOMEN

- Automobielenindustrie
- Transport industrie (bijvoorbeeld ruimte- en luchtvaart, spoorwegen, maritiem)
- Petrochemische industrie
- Machinebouw
- Constructie
- Hijs- en hefwerken
- Elektronische & elektrische industrie



- Producten voor markten met het imperial standard system

VERANKERINGEN

BASIS VOOR BETROUWBARE CONSTRUCTIES

Als bevestigingsspecialist geven wij onze klanten dagelijks adviezen op het gebied van bevestigings-techniek. Onderwerpen als borging, montage, waterstofbroosheid en verankeringen komen daarbij veelvuldig aan bod. Een complex onderwerp als verankeringen vraagt om een nadere toelichting. Wanneer u na het lezen van deze informatie meer wilt weten over de keuze van een verankering in een specifieke toepassing, dan adviseren onze bevestigingsspecialisten u graag.

VERANKERINGEN ALS BASIS VOOR EEN BETROUWBARE CONSTRUCTIE

Het bevestigen van een balustrade, het verankeren van een kolom aan een fundering en het ophangen van een kabelgoot zijn zeer uiteenlopende voorbeelden van het gebruik van verankeringen. Met deze voorbeelden in gedachte is het niet moeilijk het belang van betrouwbare verankeringen te onderkennen.

De keuze en toepassing van ankers en pluggen wordt beïnvloed door een groot aantal randvoorwaarden. In de eerste plaats vormt de belasting van de verankering een belangrijke factor. Daarbij spelen zowel de grootte, de richting en het aangrijpingspunt van de belasting een rol. Bovendien is het soort bouwmateriaal, waarin het element moet worden verankerd, van grote invloed op de keuze van de plug of het anker.

De belasting van de verankering en de eigenschappen van de ondergrond stellen eisen aan een anker. Overbelasting van bevestigingspunten en onvoldoende draagvermogen van de ondergrond kunnen leiden tot het bezwijken van een verankering.

Om dit te voorkomen, is ook een juiste montage van groot belang. De boordiameter, boordiepte, gatreiniging, montagediepte en rand- en asafstanden zijn cruciaal bij het realiseren van een betrouwbare verankering.

Al met al moet er aan een groot aantal randvoorwaarden worden voldaan om een betrouwbare verankering te realiseren. Het zal u dan ook niet verbazen dat voor het maken van de berekeningen die ten grondslag liggen aan de ankerkeuze specialistische kennis vereist is. Jarenlang werd vrij conservatief geconstrueerd, waardoor de uiteindelijke verankering verre van optimaal was. Met de komst van nationale en internationale richtlijnen wordt een berekeningsmethode geboden waarbij rekening wordt gehouden met de karakteristieke waarden van ankers bij verschillende bezwijkvormen.

Verankeringen is een complex onderwerp en het maken van de noodzakelijke berekeningen is geen eenvoudige klus. Uiteraard adviseren onze bevestigingsspecialisten u graag bij de keuze van een verankering in een specifieke toepassing.

TYPEN VERANKERINGEN

Aan de hand van de belasting zijn verankeringen in drie groepen in te delen; Lichte verankeringen, middelzware verankeringen en zware verankeringen. Lichte verankeringen zijn verankeringen met een toelaatbare belasting tot ongeveer 3 kN. De groep middelzware verankeringen heeft een toelaatbare belasting tot circa 20 kN. Aan zware verankeringen kan een kracht tot ongeveer 60 kN ontleend worden.

In principe behoren alle typen pluggen tot de Lichte verankeringen, zoals universele pluggen, all-round pluggen, kozijnpluggen, gevelpluggen, gasbetonpluggen, nagelpluggen, tuimelpluggen, plaatankers, zelf borende ankers, schroefankers en spreidpluggen.



Het bevestigen van een kabelgoot aan een gipskartonnen wand is een voorbeeld van een lichte verankering. Tot de middelzware verankeringen behoren de keilbouten, keilhulzen en keilschroeven. Het bevestigen van een trapleuning of leidingwerk in baksteen resulteert veelal in een middelzware belasting.

Het verankeren van een staalconstructie in beton is een voorbeeld van een zwaar belaste toepassing. De aangewezen ankers voor dergelijke situaties zijn veiligheidsankers, snelbouwankers, inslagankers, achtersnijdende ankers, krachtankers, keilankers en chemische ankers.

Overigens behoort, ongeacht de belasting, een toepassing in de trekzone altijd tot de zware verankeringen. Meer informatie over de trekzone vindt u bij het onderdeel 'Bouwmaterialen' in de rubriek 'Beton'. Verankeringen die worden toegepast voor of tijdens het storten van beton behoren ook tot de groep zware verankeringen. Voorbeelden hiervan zijn fundatie-einden, haakankers en betonschroefhulzen.

Wanneer hoge eisen worden gesteld aan een verankering is een juiste berekening van de belasting van groot belang. Door diverse instanties zijn op dit gebied richtlijnen opgesteld.

De Europese goedkeuringsrichtlijnen zijn opgesteld door de Europese organisatie voor technische goedkeuringen EOTA (European Organisation for Technical Approvals). In Noord-Amerika zijn American Concrete Institute (ACI), American Society for Testing and Material (ASTM) en International Conference of Building Officials Evaluation Services (ICBO ES) de belangrijkste organisaties met betrekking tot constructieve bevestigingen. De door EOTA en ACI uitgegeven berekeningsmethoden komen grotendeels overeen en bieden gelegenheid tot economisch en efficiënt construeren.

BELASTING VAN EEN VERANKERING

De belasting van een verankering laat zich kenmerken door:

- Grootte
- Richting
- Aangrijpingspunt

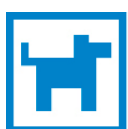
De richting van de kracht bepaalt of het een trekkracht, drukkracht dan wel afschuifkracht betreft. Trek- en drukkrachten werken in de lengterichting van de verankering. Afschuifkrachten werken loodrecht op de lengterichting van de verankering. Deze uit de constructie voortvloeiende krachten moeten worden opgevangen door de verankering. Veelal ontstaat een combinatie van belastingen, die uitmonden in een resulterende belasting op het anker. Wanneer krachten op een bepaalde afstand van het oppervlak van het bouw materiaal aangrijpen, ontstaat een buigend moment.

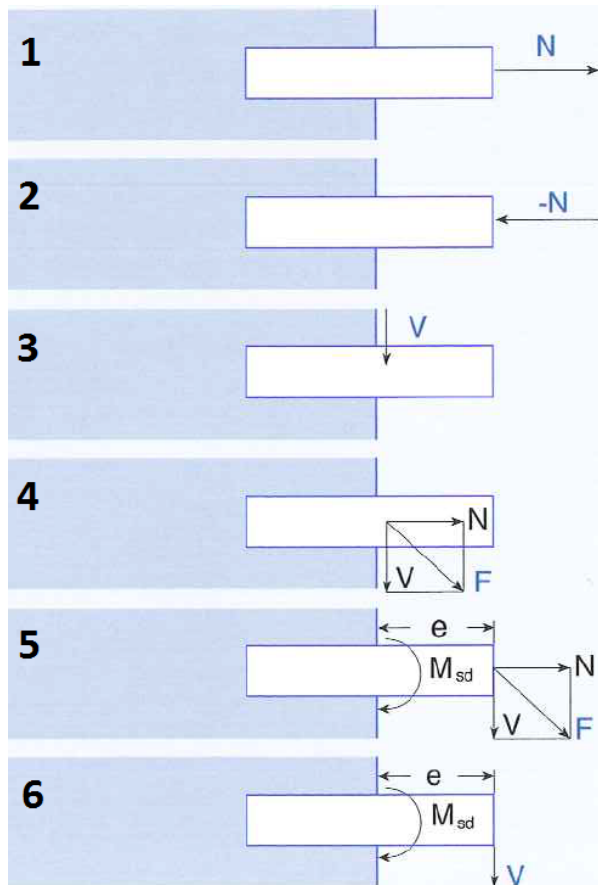
Uit de berekening van de krachtverdeling op een constructie volgt de belasting van een bevestiging. Bij de verdere berekeningen worden veiligheidsfactoren toegepast.

De grootte van de veiligheidsfactor wordt aan de hand van veiligheidsrisico's en -richtlijnen door de constructeur bepaald. Bij de selectie van een anker dienen dergelijke risico's te worden afgewogen.

De Europese technische goedkeuring en de Amerikaanse richtlijnen stellen als voorwaarden voor de toepassing van constructieve bevestigingselementen dat de belasting rustend of quasi statisch is. In de praktijk treden echter ook niet rustende of dynamische belastingen op, zoals bijvoorbeeld in de kraanbouw, de liftbouw of de machinebouw. De bevestiging van dynamisch belaste elementen moet door middel van speciaal daarvoor geteste ankers geschieden.

Een bijzondere vorm van dynamische belasting, die ontstaat ten gevolge van een aanrijding, aardbeving of explosie, is schokbelasting. Bevestigingselementen, die geschikt zijn voor toepassingen met schokbelasting, zijn voorzien van een aanduiding waaruit deze geschiktheid blijkt.





1. Tension = Trekkkracht
2. Pressure = Drukkkracht
3. Shear = Afschuifkracht
4. F = Resultante = De combinatie van trek- en afschuifkracht
5. F + buigmoment = De combinatie van trek- en afschuifkracht op een bepaalde afstand "e"
6. V + buigmoment = Afschuifkracht op een bepaalde afstand "e"

BOUWMATERIALEN: VERANKERINGSONDERGROND

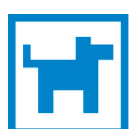
De keuze van een anker is niet alleen afhankelijk van de belasting van de verankering. Ook het materiaal waaraan het element verankerd moet worden, is van belang.

De eigenschappen van het bouw materiaal houden een bepaalde drukvastheid in die van invloed is op de keuze van een anker.

De drukvastheid is de drukkracht die materiaal kan weerstaan, weergegeven in MPa. Wanden van gips, metselwerk of beton hebben verschillende eigenschappen en vragen dus om een specifieke benadering. Naast de eigenschappen van het materiaal is ook de dikte van het materiaal van belang.

PLAATELEMENTEN

Plaat elementen zijn dunwandige bouw materialen. Deze plaat elementen, zoals gipskartonplaten, gipsvezelplaten, vezelplaten, spaanplaat en multiplex hebben veelal een geringe drukvastheid. Bevestiging door middel van pluggen, die hun kracht ontleen aan spreiding aan de achterzijde in de holle ruimte, vormt een goede basis voor een solide bevestiging. Dit wordt vormsluiting genoemd. De daarvoor geschikte pluggen worden doorgaans als holle wand pluggen betiteld.



DICHTE STRUCTUUR

Stenen met dichte structuur hebben geen holle ruimten en zijn behoorlijk drukvast. Stenen met maximaal 15% holle ruimten gelden als volle stenen. Door de relatief hoge drukvastheid zijn deze bijzonder geschikt voor bevestigingen met behulp van pluggen. Holle bouwstenen of ventilatiestenen bestaan meestal uit hetzelfde drukvaste materiaal als een baksteen of klinker, ze zijn echter voorzien van holle ruimtes. Bij zware belastingen moeten in holle stenen speciale pluggen worden gebruikt. Deze pluggen dienen de holle ruimten te overbruggen of op te vullen.

METSELWERK

Metselwerk is een opbouw van stenen en specie. De drukvastheid van stenen is groter dan de drukvastheid van specie, waardoor verankering in de steen de voorkeur geniet. Naarmate het bouwwerk ouder is, wordt het verschil in drukvastheid groter en neemt het belang van verankering in de steen toe. Aan de hand van de structuur en het percentage holle ruimten zijn vier groepen steensoorten te onderscheiden.

OPEN STRUCTUUR

Stenen met open structuur hebben een geringe drukvastheid en zijn zeer poreus. Voor een optimale bevestiging moeten speciale pluggen toegepast worden, bijvoorbeeld pluggen met grote drukvlakken. Wanneer deze stenen bovendien voorzien zijn van holle ruimtes, dan is een zorgvuldige keuze en montage van de juiste plug een voorwaarde voor een betrouwbare verankering. Geschikte pluggen zijn bijvoorbeeld pluggen met een zeer lang drukvlak of injectiesystemen bestaande uit draadstang, ankerhuls (kous) en injectiemortel. Om te voorkomen dat de boorgaten te groot worden en de wandjes in holle bouwstoffen wegbreken, dienen gaten in holle bouwstenen en bouwstoffen met een open structuur uitsluitend door middel van roterend boren te worden aangebracht. Hamerend boren vergroot namelijk de kans op afbrokkeling van het materiaal. Het boren gaat sneller wanneer bij roterend boren hardmetalen boren gebruikt worden.

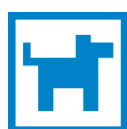
BETON

Tot de materiaalsoort beton behoren zowel licht beton, normaal beton als zwaar beton. Licht beton onderscheidt zich van normaal beton door toevoeging van materialen als bims, styropor, vliegas, klinker isolith e.d. aan de mortel. In alle soorten is cement het bindmiddel. Door de toevoeging, die een geringere drukvastheid heeft dan de kiezel in normaal beton, ontstaan minder gunstige omstandigheden voor de verankering.

De maximale draagkracht van constructieve bevestigingen aan beton is sterk afhankelijk van de drukvastheid van het beton. De druk vastheid of druksterkte van beton wordt weergegeven door middel van de zgn. kubus druksterkte. De kubus druksterkte is gerelateerd aan de drukkracht sterkte die een kubus met de afmetingen 15 x 15 x 15 cm minimaal kan verwerken, voordat deze begint te bezwijken. Deze waarde wordt in de bouwstofaanduiding aangegeven door middel van de hoofdletter B in combinatie met een getal. Een kubus druksterkte van B25 geeft aan dat de druksterkte van dit beton minimaal 25 MPa bedraagt. Een soortgelijke sterkteaanduiding is gerelateerd aan een cilinder vorm met de afmetingen Ø16 x 32 cm conform Europese Voornorm ENV 206, waarbij de aanduiding C20/25 wordt. Hierin staat de eerste waarde voor de minimale karakteristieke cilinder druksterkte, 20 MPa. De tweede waarde geeft de minimale karakteristieke kubus druksterkte weer, 25 MPa.

DRUKZONE EN TREKZONE BIJ VERANKERING

Alle vormen van belasting die bouwdelen ondervinden, zoals eigen gewicht, verkeers- en windlasten, hebben krachten en spanningen tot gevolg. Deze kunnen tot vervormingen en zelfs scheuren leiden. De belasting is een belangrijke oorzaak, maar scheuren kunnen ook ontstaan door het krimpen van beton als gevolg van opgelegde krachten en vervormingen en door externe invloeden zoals aardbevingen.



In het voorbeeld veroorzaakt de doorgebogen staat van de brug een drukkracht in het bovenste deel van de brug, de drukzone. In de onderste helft van de brug ontstaat een trekkracht, dit is de trekzone. Beton is slechts zeer beperkt in staat trekkrachten op te nemen. Daar waar trekkrachten te verwachten zijn, wordt beton veelal voorzien van een bewapening van staal, dat beter in staat is deze krachten op te nemen. Omdat beton niet dezelfde trekspanning kan verdragen als de stalen bewapening, zal het beton uiteindelijk scheurtjes gaan vertonen op de plaats waar de stalen bewapening de trekkracht heeft overgenomen. Beide effecten resulteren in ontelbare, met het blote oog nauwelijks waarneembare, scheurtjes. Men spreekt dan van gescheurd beton. Door verandering van belastingen of temperatuurwisselingen kunnen ook in lang bestaande bouwwerken scheuren optreden.

Alle ankers die geschikt zijn voor toepassing in beton, kunnen in de drukzone worden gebruikt. Ankers die kunnen naspreiden en ankers die door vormsluiting volledig ingesloten liggen in het boorgat zijn geschikt voor toepassing in de trekzone. Voorbeelden van in de trekzone toegelaten ankers zijn achtersnijdende ankers, naspreidende segmentankers, hulsankers en bepaalde chemische ankers. Achtersnijdende ankers nemen de vorm aan van een cilindrisch of conisch geboord gat. De overmaat van het conische gedeelte voorkomt, zelfs bij scheuren, dat het anker uit het gat getrokken kan worden.

Door scheuren wordt de diameter van boorgaten vergroot. Naspreidende segment ankers nivelleren de scheuren, doordat de conus dieper in het spreidgedeelte wordt getrokken. Beide typen ankers zijn zowel geschikt voor toepassingen in de trekzone als toepassingen met schokbelasting. Echter, niet ieder trekzone toegelaten anker is geschikt om belastingen over te dragen in een door aardbeving gescheurde betonconstructie.

KANAALPLATELEMENTEN

Kanaalplaten vormen een bijzondere groep binnen de prefab betonelementen. Omdat de wapening het niet toestaat dat in de dammetjes geboord wordt, vindt de constructieve bevestiging eigenlijk altijd in de boven- of onderschil van het kanaal plaats. De dikte van de boven- of onderschil varieert meestal tussen de 25 en 40 mm. Om de aanwezige schildikte volledig te benutten zijn bevestigings-systemen aan te bevelen die door middel van een vormsluiting de verbinding tot stand brengen.

BEZWIJKMECHANISMEN

Overbelasting van bevestigingspunten, foutieve montage en onvoldoende draagvermogen van de ondergrond kunnen leiden tot het bezwijken van de verankering. De verschillende bezwijkmechanismen zijn in vier groepen in te delen.

BETONKEGELBREUK

Betonkegelbreuk ontstaat door een te zware belasting, een te gering draagvermogen van de ondergrond of een te geringe montagediepte.

SPLIJTEN

Wanneer de vereiste rand- en asafstanden niet in acht worden genomen, de bouwdeelafmetingen te gering zijn of de druk door het spreiden van het anker te hoog wordt, dan kan het bouw materiaal splijten.

ERUIT TREKKEN VAN VERANKERING

Door een te hoge belasting of een foutieve montage kan een verankering uit het bouw materiaal worden getrokken.

STAALBREUK

Wanneer de diameter van het anker of de schroef te klein is ten opzichte van de optredende krachten, dan kan staalbreuk optreden. Dit kan bovendien ontstaan wanneer het toegepaste staal van een te lage kwaliteitsklasse is. Het staal zal breken ter hoogte van de kleinste doorsnede.

De belasting van de verankering en de eigenschappen van de ondergrond zijn belangrijk bij de keuze van een anker. Extra zorgvuldig dient te worden omgegaan met de opgave van de toelaatbare belasting door fabrikanten. Voor een juiste interpretatie van de gegevens dient bekend te zijn waarop deze waarde berust; betonkegelbreuk, splijten, uittrekken of staal breuk. Bovendien is uiteraard het



bouwmateriaal van belang waarop de aangegeven toelaatbare belasting is gebaseerd. Om te voorkomen dat een verankering bezwijkt, worden ook eisen gesteld aan de montage van het anker of de plug.

De boorgatdiepte, montagediepte, boorgatreiniging en rand en asafstanden zijn van groot belang bij het realiseren van een betrouwbare verankering.



MONTAGE

Aan de hand van de belasting en het bouwmateriaal waaraan het element bevestigd moet worden, kunt u een verankeringsproduct kiezen. Maar wanneer dit product niet op de juiste manier gemonteerd wordt, is het waarschijnlijk dat de verankering niet aan uw eisen voldoet. Bovendien is niet ieder product geschikt voor elke montagemethode. Ieder product heeft voorschriften voor boorgatdiepte, montagediepte, randafstanden en asafstanden. Om tot een betrouwbare verankering te komen, dienen de bij het product behorende voorschriften te worden gevolgd.

Het aanbrengen van een verankering begint met het aftekenen van de boorgaten op de verankeringsplaats. Na het boren en reinigen van een geschikt gat, plaatst u de plug of het anker en monteert het geheel af. Bij bevestigingselementen met twee of meer bevestigingspunten kan het 'verlopen' van de boorgaten storend zijn. Om dit te vermijden, kunt u een boorsjabloon gebruiken of doorsteekmontage toepassen.

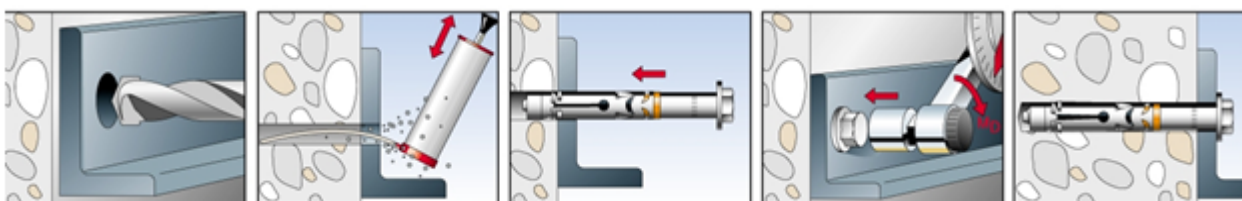
MONTAGEMETHODEN

Verankerungen kunnen volgens verschillende methoden tot stand komen. De keuze voor voormontage, doorsteekmontage of afstandmontage wordt in belangrijke mate bepaald door de toepassing.



VOORMONTAGE

Bij de methode voormontage ligt de plug of het anker meestal vlak met het oppervlak van het bouwmateriaal. Het boorgat in de bouwstof is groter dan het montagegat in het te bevestigen element.

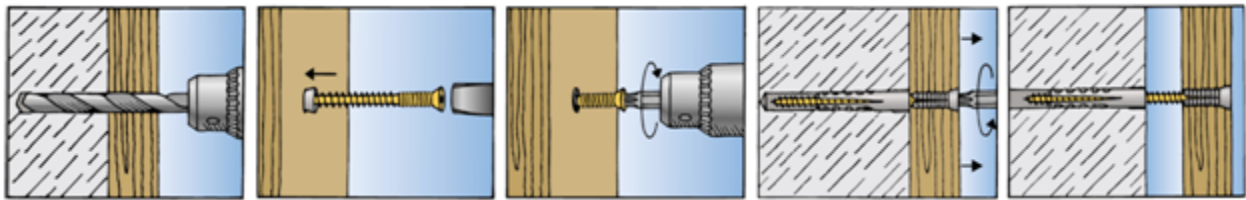


DOORSTEEKMONTAGE

Bij seriemontages en in het bijzonder bij meer dan twee bevestigingspunten per element wordt meestal met doorsteekmontage gewerkt. De boorgaten in het element kunnen dan als boormal worden gebruikt, omdat de boorgatdiameter in het te bevestigen element minimaal even groot is als die in de bouwstof. Naast een vereenvoudiging van de montage wordt een grotere nauwkeurigheid



bereikt. De plug of het anker wordt door het te bevestigen element in het boorgat geplaatst en afgemonteerd.



AFSTANDMONTAGE

Wanneer het te bevestigen element op een bepaalde afstand van het bouw materiaal druk- en trekvast moet worden gemonteerd, dan kiest u voor afstandmontage. Daarvoor kunnen bijvoorbeeld chemische ankers, stalen ankers met inwendige metrische schroefdraad in combinatie met tapbouten of draadeinden met contra moeren worden gebruikt.

VOORWAARDEN VOOR EEN JUISTE MONTAGE

RAND- EN ASAFSTANDEN

Om afbreken en scheurvorming van de verankeringsondergrond te vermijden en om de noodzakelijke belasting van pluggen of ankers te kunnen opnemen, dienen de rand en asafstanden, alsmede de voorschriften met betrekking tot de noodzakelijke bouw stoffbreedte en -dikte in acht te worden genomen. Voor kunststof pluggen kan normaliter een randafstand van tweemaal de montage diepte gehanteerd worden. In het algemeen zal een asafstand of hart-op-hart afstand van vier maal de montage diepte volstaan.

BOOR- EN MONTAGEDIEPTE

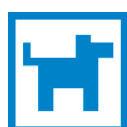
Op enkele uitzonderingen na dient de boorgatdiepte groter te zijn dan de montage diepte. De montage diepte bij kunststof pluggen en stalen ankers komt overeen met de afstand tussen het oppervlak van het bouw materiaal en de onderzijde van de plug of het anker. Door de boorgatdiepte ruim aan te houden, is er voldoende ruimte voor eventueel aanwezig boorgruis of voor de uit de plug stekende schroefpunt, waardoor het functioneren zeker wordt gesteld.

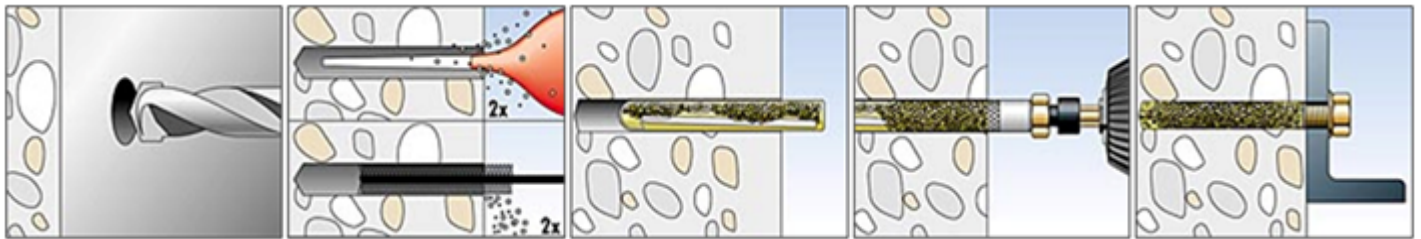
De minimale schroeflengte is vast te stellen door de schroef diameter op te tellen bij de pluglengte, de dikte van de eventuele pleisterlaag en de dikte van het te monteren element. Veel typen pluggen kunnen hun functie alleen vervullen als de schroef door de plugpunt steekt. De maximale draagkracht van een plug wordt bereikt in combinatie met een schroef met de grootst mogelijke schroef diameter, die na montage minimaal zijn eigen diameter uit de plug steekt.

BOORGATREINIGING

U dient tijdens of na het boren het boorgruis te verwijderen. Een niet gereinigd boorgat reduceert de trekwaarde! Dit is met name belangrijk bij gaten die door middel van een diamantboor zijn aangebracht. Houdt er bovendien rekening mee dat niet ieder anker geschikt is voor dergelijke gaten. Het anker heeft door de gladde boorwand dan te weinig grip voor een optimale verankering.

Bij gebruik van een injectiehars is een juiste voorbereiding van het boorgat van essentieel belang. Het boorgat is pas na het schoonborstelen en uitblazen geschikt voor het aanbrengen van de hars. De ankerstang kan vervolgens door middel van een draaiende beweging langzaam in het gat worden geplaatst. Na de uithardingstijd kan de constructie worden aangebracht.





KLEMBEREIK

Het klembereik of de nuttige lengte van een verankering komt overeen met dat deel van het product dat, na montage van de verankering, beschikbaar is voor bevestiging van de constructie. Bij voor- montage wordt het klembereik bepaald door de uitstekende lengte van de gebruikte schroef. Bij doorsteekmontage wordt het maximale klembereik bepaald door de plug of het anker. Is de onder- grond voorzien van pleisterwerk of isolatiemateriaal, dan moet een schroef of een doorsteekplug worden gekozen die minimaal een klembereik heeft dat de dikte van het element en de dikte van de tussenlaag kan overbruggen.

CORROSIE

De gangbare beschermende zinklaag tegen corrosie voor betonankers en -schroeven bedraagt 5-8 μm , kleurloos of iriserend blauw gepassiveerd. Door deze passivering krijgt het anker zijn zilveren of blauwe kleur. Dit biedt voldoende bescherming tegen corrosie in gesloten, niet vochtige ruimtes, zoals woningen, kantoren, scholen, ziekenhuizen, winkels.

Een verhoogde bescherming tegen corrosie wordt ook verkregen door de oppervlaktebehandeling thermisch verzinken toe te passen. Worden ankers en pluggen toegepast aan de buitenlucht of in bouwwerken waar de buitenlucht vrij toegang heeft, bijvoorbeeld in ventilerende spouwruimtes of daken en in vochtige ruimtes, dan moet het stalen gedeelte uit roestvaststaal A4 klasse 70, 1.4401 of AISI 316 zijn vervaardigd. Echter in chloorhoudende atmosferen, zoals bijvoorbeeld gechlorideerde overdekte zwembaden, moeten in verband met bedreiging door spanningscorrosie ankers vervaar- digd uit speciaal roestvaststaal, werkstofnummer 1.4529, worden toegepast.

BRANDWERENDHEID

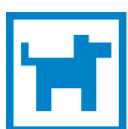
Wanneer pluggen of ankers worden toegepast voor de verankering van bouwdeelen waaraan eisen met betrekking tot brandvertraging worden gesteld, dan moet normaliter het brandgedrag van de bevestiging door een erkende instantie worden gecontroleerd. Geteste producten dienen te zijn voorzien van een brandwerendheidscertificaat, met vermelding van de tijdsduur en de daarbij beho- rende toegelaten belasting.

RICHTLIJNEN VOOR ZWARE VERANKERINGEN

Economisch en efficiënt construeren is de doelstelling van iedere constructeur. Jarenlang werd er vrij conservatief met een rekenwaarde gewerkt, die maatgevend was voor alle bezwijkmechanismen. Het onderscheid tussen de verschillende richtingen waarin krachten op een verankering kunnen werken, het onderscheid tussen trekkrachten, drukkrachten dan wel schuifkrachten verdween. Op basis van de oude rekenregels ontstonden veelal vrij zware constructies, vanwege een in feite over- gedimensioneerd anker en de daarbij behorende grote vereiste randafstanden. Met de komst van nationale en internationale richtlijnen is nu een berekeningsmethode beschikbaar, die rekening houdt met de karakteristieke waarden voor de weerstand van ankers. Deze karakteristieke waarden worden verkregen door middel van specifieke testen op de betreffende producten.

RICHTLIJNEN

De Europese goedkeuringsrichtlijnen worden opgesteld door de Europese organisatie voor techni- sche goedkeuringen EOTA (European Organisation for Technical Approvals). In Europa kunnen twee groepen technische specificaties onderscheiden worden; de Europese productnormen voor



bouwproducten en de Europese technische goedkeuringen. Wanneer een product onder een Europese norm valt, is de fabrikant verplicht de CE-markering te voeren.

De Europese technische goedkeuringen daarentegen zijn bedoeld voor producten waarvoor geen Europese norm is opgesteld. Voor verankeringen gelden voornamelijk deze goedkeuringen. Een product kan alsnog in aanmerking komen voor een CE-markering wanneer de producent het laat testen volgens een door de EOTA goedgekeurde procedure. Voor bouwproducten zijn zo'n 1.500 Europese normen opgesteld door de Europese Commissie voor Normalisatie. (CEN) In de normen is vastgelegd welke producteigen schappen en specificaties onder de CE-markering vallen en hoe deze getest moeten worden. In gevallen waarbij veiligheids- en gezondheidsaspecten een rol spelen, moet een derde partij, een zogenaamd notified body, bepaalde proeven en controles uitvoeren.

De Europese goedkeuring ETB, (Europese Technische Beoordeling) of ETA, (European Technical Approval) is met name van toepassing op bouwproducten die niet genormaliseerd zijn binnen het CEN. De deelnemende instituten, 'approval bodies', zijn door de lidstaten aangewezen. Op basis van de Europese richtlijnen (ETAG, European Technical Approval Guideline) kunnen fabrikanten bij deze instituten hun producten aanbieden met het verzoek tot goedkeuring.

Sinds 2014 en op basis van een specifieke overeenkomst met de Europese Commissie, ontwikkelt EOTA de ETAG's in EAD's volgens de eisen die zijn vastgelegd in Verordening (EU) nr. 305/2011 van de Bouwproducten. Dit zal leiden tot wijzigingen van de structuur en van de inhoud. Tenzij anders vermeld, worden geen technische veranderingen in aanmerking genomen. Nadere informatie kunt u [hier](#) vinden.

ETAG 001 is vervangen door EAD* 330232-00-0601. (*EAD = European Assessment Document). Relevante elementen zijn nog steeds geldig voor ETAG 001 deel 5 en 6. De in Noord-Amerika toegepaste berekeningsmethode ACI 318 Appendix D komt grotendeels overeen met Annex C van de Europese ETAG. Beide methodes zijn gebaseerd op de Concrete Capacity berekeningsmethode.

GOEDKEURINGEN

De ACI Code Standard, de Duitse nationale bouwkundige goedkeuring en de Europese goedkeuring ETA zijn documenten waarin de eigenschappen van een bepaald product staan. Deze geven de garantie dat het betreffende product getest is volgens de vereiste richtlijn. De vermelde eigenschappen betreffen onder andere technische informatie over het toepassingsgebied, rand- en asafstanden, bouwdeeldikte en karakteristieke sterkte voor verschillende bezwijkvormen.

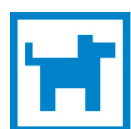
Een dergelijk document is noodzakelijk voor het ontwerpen van een constructieve verankering. Een bouwwerk moet immers zodanig ontworpen en uitgevoerd worden dat de krachten, die tijdens de bouw en het gebruik daarvan ontstaan, geen schade, aanzienlijke vervorming of instorting veroorzaken. Het is dus noodzakelijk dat met een berekening kan worden aangetoond dat de constructie voldoet.

De ETAG "metal anchors for use in concrete" (ETAG no. 001 uitgave 1997) omschrijft de testprocedures, ontwerp- en berekeningsmethoden en beoordelingsmethoden om een ETA voor een metalen verankering die wordt geplaatst in gescheurd en niet gescheurd beton te verkrijgen. Wanneer op een bepaald product een ETA is afgegeven dan mag de CE-markering op het product worden aangebracht.

BEREKENINGSMETHODE

In de ACI 318 Appendix Den de ETAG Annex C staan drie berekeningsmethoden. Van methode C naar methode A wordt een toenemend aantal variabelen in de berekening betrokken. Globaal kan worden gesteld dat bij methode A de verschillende invloeden op de verankering veel nauwkeuriger worden bepaald dan bij methode B of C.

A Berekeningsmethode A is de meest omvattende en gedetailleerde rekenmethode, waarbij alle mogelijke vormen van bezwijken en alle belastingsrichtingen in beschouwing worden genomen. Zowel staal breuk, uittrekken, betonkegelbreuk, splijten als zij- en achteruitbreken komen aan de orde. Er moet worden aangetoond dat de rekenwaarde voor de belasting in alle richtingen en



voor ieder bezwijkmechanisme kleiner is dan de rekenwaarde van de verankering bepaald uit de karakteristieke waarde in uiterste grenstoestand.

B In tegenstelling tot methode A wordt in de vereenvoudigde methode B een waarde voor alle belastingrichtingen gehanteerd. Bovendien wordt geen rekening gehouden met de vorm van bezwijken. In tegenstelling tot methode C worden niet alleen karakteristieke waarden voor de randen asafstanden gehanteerd, maar ook minimum waarden.

C Methode C is een vereenvoudiging van rekenmethode B; voor alle belastingrichtingen wordt een waarde gehanteerd. Bij toepassing van deze methode dienen de karakteristieke rand- en asafstanden gerespecteerd te worden.

Omdat methode A de meest omvattende berekening is, kan hiermee ook de meest effectieve ankerkeuze gemaakt worden. Methode A is dan ook de aanbevolen rekenmethode. Uiteraard kan ook met de andere methoden een betrouwbare bevestiging tot stand worden gebracht. Echter, bij methode B en C worden veel minder aspecten in ogenschouw genomen. Constructief is dit veelal minder gunstig vanwege o.a. grotere randafstanden en/of hart-op hartafstanden.

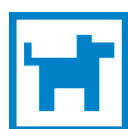
Het resultaat van deze rekenmethodes is de keuze voor een anker dat tot een bepaalde categorie behoort. In de goedkeuringen worden 12 categorieën onderscheiden, gebaseerd op het toepassingsgebied van een anker. Tot de eerste zes categorieën, de zogenaamde opties, behoren de ankers voor zowel gescheurd als niet gescheurd beton, de laatste zes opties zijn uitsluitend geschikt voor niet gescheurd beton. Een optie kan worden gezien als een omschrijving van een test, waarbij toepassingsparameters zoals betonsterkte, betonconditie (gescheurd of niet gescheurd), belastingrichtingen, rand- en asafstanden het meest omvattend zijn bij optie 1 en het minst omvattend bij optie 12.

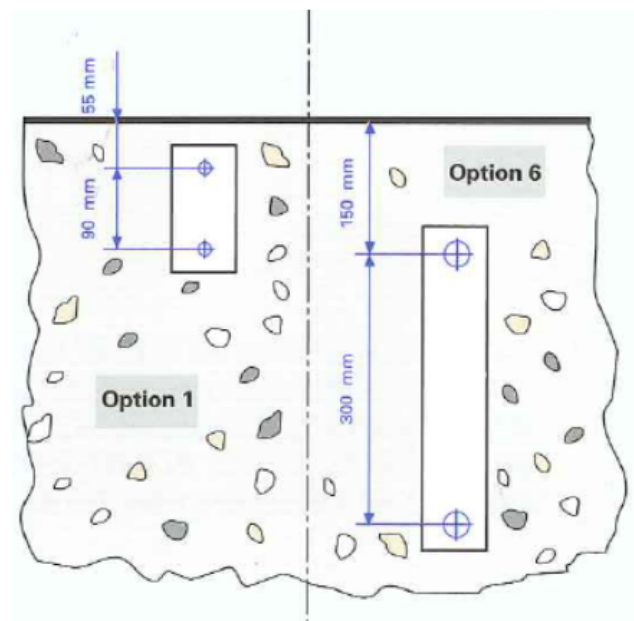
Het initiatief voor deze tests ligt bij de fabrikant van het betreffende anker. De genoemde berekeningsmethoden hebben ieder betrekking op vier categorieën ankers. Berekeningsmethode A is van toepassing op ankers met optie 1, 2, 7 en 8. Methode B heeft betrekking op ankers met optie 3, 4, 9 en 10. Methode C is van toepassing op ankers met optie 5, 6, 11 en 12. Onderstaande tabel geeft de relatie tussen de berekeningsmethoden, de categorieën ankers en het toepassingsgebied aan. Wanneer voor een anker een optie van toepassing is, dient dit op het etiket te zijn aangegeven.

Option n°	Cracked and non cracked	Non cracked only	C20/25 only	C20/25 to C50/60	One value of F_{Rk}	F_{Rk} according to direction	C_{cr}	S_{cr}	C_{min}	S_{min}	Design method
1	A
2	A
3	B
4	B
5			C
6			C
7		A
8		A
9		B
10		B
11				C
12				C

PRAKTIJK

De praktische gevolgen van het toepassen van deze rekenmethodes en het monteren van het bijbehorende anker geven het belang van een juiste keuze aan.





In ons voorbeeld moet een balustrade dicht bij een rand aan een betonnen vloer bevestigd worden. Een anker met optie 6 zou kunnen volstaan, maar daarbij moet worden opgemerkt dat in de daarbij toegepaste berekeningsmethode C aan een aantal zaken voorbij wordt gegaan. Bij het testen van een dergelijk anker is namelijk slechts rekening gehouden met enkele toepassingsparameters en bezwijkcriteria. Voor een betrouwbare verankering dienen grote veiligheidsparameters te worden toegepast. In de praktijk betekent dit dat er grote rand- en asafstanden in acht moeten worden genomen. Wanneer voor een anker met optie 1 gekozen zou worden, dan wordt rekening gehouden met alle vormen van bezwijken en alle belastingrichtingen. In vergelijking met het optie 6 anker resulteert dit in kleinere rand- en asafstanden. Deze beoordeelde en goed gekeurde parameters geven de mogelijkheid optimaal te construeren.

Een anker met optie 1 is vaak duurder dan een anker met optie 6. De kosten van een anker kunnen echter misleidend zijn. De totale kosten van de bevestiging zijn vaak veel hoger bij toepassing van het ogenschijnlijk goedkopere anker met optie 6. Vaak houdt de keuze voor dit anker namelijk in dat meerdere ankers moeten worden toegepast en dat de verankeringsplaat groter en dikker moet zijn. Naast de hogere kosten voor geschikte verankeringsplaten vraagt de montage daardoor meer tijd en dat leidt tot hogere arbeidskosten. Wanneer u een anker voor een toepassing selecteert, is het dan ook zeer belangrijk dat uw keuze gebaseerd is op alle aspecten van de bevestiging. Hierboven is zeer globaal zonder enige technische gegevens een schets gemaakt van een situatie waarin twee opties met elkaar worden vergeleken en waarbij een dergelijke simpele afweging te verantwoorden is. De werkelijkheid is echter veel complexer en vergt een goede kennis van de genoemde berekeningsmethoden en alle achterliggende informatie die in de richtlijnen worden beschreven. Het maken van de noodzakelijke berekeningen is geen eenvoudige klus, maar met behulp van handboeken met voorcalculaties of daarvoor ontwikkelde software kunt u tot een verantwoorde en snelle keuze komen.

Wilt u meer weten over de juiste keuze van een verankering in een specifieke toepassing? Onze bevestigingsspecialisten kunnen u alles vertellen over verankeringsen en andere onderwerpen op het gebied van bevestigingstechniek.

Bron: www.grainger.com