Met

Materiaal en productie

Professionalisering PIE, Module M

Docent: Henk Spaan

03-04-2023

Gjalt Nieuwenhuis

S1067869

Voorwoord

Keuze en onderbouwing:

Aanvankelijk wilde ik ook in deze opdracht een overlap willen zoeken tussen verschillende modules van de deeltijdopleiding. Het leek me interessant om een stuk uit de installatietechniek te onderzoeken en hier het verslag voor het vak materiaalkunde voor te schrijven. Om eenzelfde toepassing te onderzoeken waar verschillende materialen voor worden gebruikt kwam ik uit op buizen voor CV-installaties. In het verslag zal ik deze verwarmingsbuizen noemen. Echter werd het zoeken naar welk type verzinkt staal gebruikt wordt voor verwarmingsinstallaties vrij lastig, dus ben ik uiteindelijk op RVS buizen terechtgekomen, deze hebben een iets ander toepassingsgebied.

Verwarmingsbuizen kunnen van verschillende materialen worden gemaakt, waaronder (RV) staal en Uponor.

Stalen verwarmingsbuizen zijn gemaakt van koolstofstaal, dat zeer sterk en duurzaam is. Deze buizen zijn geschikt voor hoge druk en hoge temperaturen, waardoor ze ideaal zijn voor het transport van warm water of stoom in verwarmingssystemen. Stalen buizen worden ook vaak gebruikt in industriële toepassingen vanwege hun uitstekende eigenschappen op het gebied van sterkte en duurzaamheid. Vaak is dit staal bij verwarmingsbuizen verzinkt om zo corrosie tegen te gaan.

Ook kunnen buizen gemaakt worden van RVS. Deze buizen zijn relatief duurder dan verzinkte buizen, en worden vaak in industrie gebruikt om bijvoorbeeld chemische producten te transporteren.

Uponor is een merknaam voor PEX-buizen, die zijn gemaakt van een flexibel en duurzaam polymeermateriaal genaamd cross-linked polyethylene (PEX). Deze buizen zijn lichtgewicht en gemakkelijk te installeren en hebben uitstekende eigenschappen op het gebied van corrosiebestendigheid en chemische stabiliteit. PEX-buizen zijn geschikt voor toepassingen met lage en gemiddelde druk en temperaturen en worden vaak gebruikt in residentiële en commerciële verwarmingssystemen.

In dit verslag zal ik cross-linked polyethylene (PEX) en RVS buizen gaan onderzoeken.

Inhoudsopgave

|  |  |
| --- | --- |
| Inhoud | Pagina |
| Voorwoord | 1 |
| Inhoudsopgave | 2 |
| 1. Ferro-metaal | 3 |
| 2.Kunststof | 6 |
| 3.Verspanende productietechnieken | 8 |
| 4.Niet verspanende productietechnieken | 13 |
| 5.Verbindingstechnieken | 14 |
| 6.Corrosie | 17 |
| Bronvermelding | 19 |
| Bijlage 1 | 20 |

1. Ferro-metaal

Staaltype: onderzoek naar gebruik van materialen

Koolstofstaal is een staallegering die hoofdzakelijk bestaat uit ijzer en koolstof. Koolstofstaal bevat meestal minder dan 2,0% van andere elementen dan ijzer en koolstof, zoals mangaan, fosfor, zwavel en silicium.

De hoeveelheid koolstof in koolstofstaal varieert van 0,08% tot 2,0%, afhankelijk van de toepassing. Hogere koolstofgehaltes maken het staal harder en sterker, maar verminderen ook de taaiheid en de weerstand tegen corrosie. Daarom wordt koolstofstaal vaak gelegeerd met andere metalen om de eigenschappen te verbeteren, zoals chroom, nikkel, molybdeen en vanadium.

Koolstofstaal wordt veel gebruikt in de industrie vanwege zijn sterkte en duurzaamheid. Het wordt gebruikt in toepassingen variërend van constructiestaal tot auto-onderdelen, gereedschappen, scheepsbouw en pijpleidingen. Koolstofstaal is relatief goedkoop en gemakkelijk te bewerken en te lassen, waardoor het een populaire keuze is voor veel toepassingen.

Voor stalen verwarmingsbuizen wordt vaak een laag tot middelhoog koolstofgehalte gebruikt, dat doorgaans ligt tussen de 0,3% en 0,6%. Dit zorgt voor de nodige sterkte en duurzaamheid om bestand te zijn tegen hoge drukken en temperaturen die vereist zijn voor de toepassing.

Het exacte percentage koolstof in een bepaalde stalen verwarmingsbuis kan worden bepaald door de specificaties van de fabrikant te raadplegen of door een chemische analyse van het materiaal uit te voeren.

Voorbeelden van andere toepassingen en percentages

* Constructiestaal: Dit wordt gebruikt voor bouwtoepassingen, zoals gebouwen, bruggen en wegen. Het koolstofgehalte in constructiestaal is meestal tussen de 0,15% en 0,30%.
* Gereedschapsstaal: Dit wordt gebruikt voor het maken van gereedschappen, zoals boren, zagen en frezen. Het koolstofgehalte in gereedschapsstaal kan variëren van 0,60% tot 1,4%.
* Auto-onderdelen: Dit omvat verschillende staalcomponenten in auto's, zoals assen, motoronderdelen en carrosserie-onderdelen. Het koolstofgehalte in auto-onderdelenstaal is meestal tussen de 0,08% en 0,50%.

Verwarmingsbuizen zijn niet altijd verzinkt. Verzinken is een proces waarbij een laag zink wordt aangebracht op het oppervlak van staal om het te beschermen tegen corrosie. Het verzinkproces omvat het onderdompelen van het staal in een bad van gesmolten zink, waardoor een zinklaag ontstaat die hecht aan het oppervlak van het staal.

Als stalen verwarmingsbuizen worden verzinkt, wordt dit meestal gedaan om extra corrosiebescherming te bieden en de levensduur van de buizen te verlengen

Voor mijn onderzoek heb ik eerst gezocht naar een verwarmingsbuis waarbij duidelijke specificaties waren omschreven. Dit bleek nog wat lastiger dan gepland, gezien het enorme aanbod aan diverse buizen in diverse materialen. Uiteindelijk ben ik uitgekomen op onderstaande buis: [VSH-RVS-buis-diameter-15mm-dikte-1mm-6192307](https://www.saniheat.nl/p/524875/VSH-RVS-buis-diameter-15mm-dikte-1mm-6192307)

Roestvaststaal (RVS) verwarmingsbuizen van het type 316L (1.4404) zijn buizen die zijn gemaakt van een legering van ijzer, chroom, nikkel en molybdeen. Het nummer 316L verwijst naar de samenstelling van de legering, waarbij de "L" staat voor "laag koolstofgehalte". Dit type RVS wordt ook wel aangeduid als austenitisch roestvast staal.

316L RVS heeft uitstekende corrosiebestendige eigenschappen, vooral in omgevingen waarin chloriden aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld in zeewater of in zwembaden. Het heeft ook goede mechanische eigenschappen, waardoor het bestand is tegen hoge temperaturen en drukken. Bovendien is het gemakkelijk te bewerken en te lassen.

RVS verwarmingsbuizen van het type 316L (1.4404) worden vaak gebruikt in toepassingen waarbij corrosiebestendigheid essentieel is, zoals in de chemische en voedingsmiddelenindustrie, in medische apparatuur en in verwarmingssystemen waarbij agressieve vloeistoffen worden gebruikt.

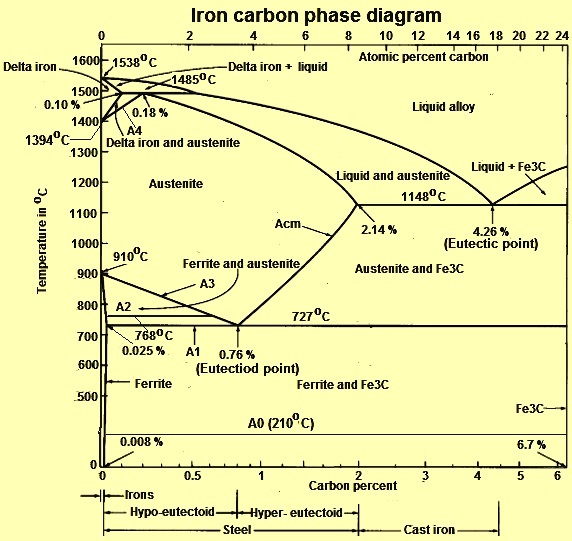
De moleculaire roosterstructuur van type 316L roestvrij staal is een kristalroosterstructuur die bekend staat als austenitisch. Austenitisch roestvast staal is opgebouwd uit een kubisch vlakgecentreerd kristalrooster (ook wel FCC-structuur genoemd), waarin de atomen zijn gerangschikt in een regelmatig patroon.

De structuur van austenitisch roestvast staal wordt gedomineerd door het element ijzer, dat zich in het midden van het kristalrooster bevindt. De chroom-, nikkel- en molybdeenatomen worden in een specifiek patroon rondom de ijzeratomen gerangschikt, waardoor een stevig en corrosiebestendig materiaal ontstaat.

Het koolstofgehalte van 316L RVS is relatief laag, wat betekent dat er weinig tot geen koolstofatomen in het kristalrooster aanwezig zijn. Dit maakt de austenitische structuur nog stabieler en draagt bij aan de corrosiebestendigheid van het materiaal.

Door de specifieke roosterstructuur en de samenstelling van 316L RVS heeft het materiaal uitstekende mechanische en corrosiebestendige eigenschappen. Dit maakt het materiaal zeer geschikt voor toepassingen waarin corrosiebestendigheid, sterkte en duurzaamheid belangrijk zijn, zoals bijvoorbeeld in de chemische, farmaceutische en voedingsmiddelenindustrie, en in medische apparatuur en verwarmingssystemen.

316L RVS heeft een laag koolstofgehalte. Het koolstofgehalte in 316L RVS is doorgaans lager dan 0,03%, en kan soms zelfs zo laag zijn als 0,02%. Dit lage koolstofgehalte draagt bij aan de corrosiebestendigheid en lassen van het materiaal. Het chroom-, nikkel- en molybdeengehalte zijn de belangrijkste legeringselementen die de corrosiebestendigheid en mechanische eigenschappen van 316L RVS bepalen.



*Afbeelding 1: Ijzer-koolstof diagram*

Bij een koolstofgehalte van 0,03% zit het ijzer-koolstofdiagram in het gebied van het hypo-eutectoïde staal. Hypo-eutectoïde staal bevat minder dan 0,83% koolstof en bestaat voornamelijk uit ferriet en perliet bij afkoeling onder de eutectoïde temperatuur.

Hypo-eutectoïde staal met een koolstofgehalte van 0,03% is over het algemeen zeer zacht en ductiel en heeft een lage treksterkte en hardheid. Het wordt meestal gebruikt voor toepassingen waarbij buigzaamheid en vervormbaarheid belangrijker zijn dan sterkte, zoals plaatwerk, draad en dunne staven. Doordat de buizen vaak gebogen en vervormd moeten worden, is het logisch dat er veel buigbaarheid moet zijn.

Afbeelding met grafiek

Automatisch gegenereerde beschrijvingHet spanning-rekdiagram van RVS 316L vertoont een vrij lineaire elasticiteitsfase tot aan het proportionele elastische limiet (ook wel de "yield strength" genoemd). Na het elastische gebied, gaat het diagram over in een plastisch gebied waarin de vervorming toeneemt zonder dat de spanning evenredig toeneemt. Uiteindelijk zal het materiaal bezwijken en breken.

*Afbeelding 2: Spanning-rek diagram*

Wat betreft de 8 eigenschappen:

* Taai/bros: RVS 316L heeft over het algemeen een hoge taaiheid. Dit betekent dat het materiaal in staat is om vervorming te ondergaan voordat het bezwijkt en breekt. Echter, bij zeer lage temperaturen kan RVS 316L bros worden.
* Sterk/zwak: RVS 316L is een relatief sterk materiaal, met een hoge "yield strength" en treksterkte. Dit betekent dat het materiaal in staat is om hoge belastingen te weerstaan voordat het bezwijkt.
* Week/stug: RVS 316L is over het algemeen een stug materiaal. Dit betekent dat het materiaal relatief weinig vervorming ondergaat bij belasting.
* Stijf/slap: RVS 316L heeft een hoge elasticiteitsmodulus, wat betekent dat het materiaal relatief stijf is. Dit betekent dat het materiaal weinig vervorming ondergaat onder een gegeven belasting.

1. kunststof

*Uponor (*Cross-linked polyethylene (PEX))

Cross-linked polyethylene, ook wel bekend als PEX, is een thermoplastisch polymeer dat wordt gebruikt in diverse toepassingen zoals pijpleidingen voor sanitair, verwarming en koeling, alsook als isolatiemateriaal voor kabels. PEX wordt geproduceerd door lineair polyethyleen te kruislinken met behulp van een chemisch of fysiek proces. Het resultaat is een materiaal met verbeterde eigenschappen ten opzichte van lineair polyethyleen, zoals hogere temperatuurbestendigheid, chemische bestendigheid en mechanische sterkte.

PEX (cross-linked polyethylene) behoort tot de groep van thermoplastische elastomeren, die een combinatie zijn van de eigenschappen van thermoplasten en elastomeren.

Thermoharders zijn een ander type kunststof dat uitgehard wordt bij verhitting en daarna niet meer vervormbaar is. Dit type kunststof heeft een hoge temperatuurbestendigheid, chemische bestendigheid en stijfheid.

Thermoplasten zijn kunststoffen die bij verhitting zacht worden en vervormbaar zijn, maar bij afkoeling weer hard worden en hun vorm behouden. Dit type kunststof heeft een hoge flexibiliteit, is eenvoudig te verwerken en te recyclen.

Elastomeren zijn een type polymeer dat vergelijkbaar is met rubber en hebben een hoge elasticiteit en veerkracht. Dit type kunststof heeft een hoge slijtvastheid en flexibiliteit.

PEX behoort tot de groep van thermoplastische elastomeren en heeft daarmee eigenschappen van zowel thermoplasten als elastomeren. Het is bijvoorbeeld zacht en flexibel als elastomeren, maar ook vervormbaar bij verhitting als thermoplasten. Daarnaast heeft PEX een hoge chemische resistentie, goede temperatuurbestendigheid en een hoge slagvastheid. Het materiaal is relatief eenvoudig te verwerken en heeft een lange levensduur.

PEX-buizen worden steeds populairder als alternatief voor traditionele koperen buizen, vanwege hun lagere kosten, eenvoudige installatie en corrosiebestendigheid. PEX-buizen kunnen op verschillende manieren worden geïnstalleerd, afhankelijk van de toepassing. Bijvoorbeeld, in sanitair en verwarmingssystemen worden de buizen vaak geïnstalleerd met behulp van fittingen die met behulp van persklemmen worden bevestigd. Voor vloerverwarmingssystemen worden de buizen doorgaans in de vloer gelegd en met behulp van bevestigingsbeugels vastgezet.

In het algemeen biedt PEX een uitstekende combinatie van eigenschappen zoals flexibiliteit, sterkte, duurzaamheid en weerstand tegen chemische aantasting. Bovendien is PEX een duurzaam materiaal dat gemakkelijk kan worden gerecycled, waardoor het een milieuvriendelijk alternatief is voor andere materialen.

Cross-linked polyethylene (PEX) heeft een amorfe structuur, wat betekent dat de moleculen willekeurig zijn gerangschikt in de vaste toestand. Het heeft geen kristallijne of geordende roosterstructuur zoals metalen of keramiek.

PEX is gemaakt van lineair polyethyleen, dat een lineaire keten van koolstofatomen heeft met waterstofatomen eraan vast. Tijdens het kruislinkproces worden de lineaire ketens veranderd in een driedimensionale structuur door middel van chemische bindingen, wat resulteert in een netwerk van polymeerketens die onderling zijn verbonden. Dit zorgt voor versterking van de polymeerketens en verhoogt de mechanische sterkte en temperatuurbestendigheid van het materiaal.

De amorfe structuur van PEX biedt enkele voordelen, waaronder een hoge flexibiliteit en veerkracht, waardoor het materiaal geschikt is voor toepassingen waarbij buigzaamheid belangrijk is. Bovendien maakt de amorfe structuur van PEX het materiaal minder bros en minder gevoelig voor scheuren en breuken dan materialen met een kristallijne structuur.

Over het algemeen is de roosterstructuur van PEX dus amorfe, wat betekent dat de moleculen willekeurig zijn gerangschikt en geen geordende structuur hebben.

1. Verspanende Productietechnieken:

In dit hoofdstuk ga ik 3 productietechnieken beschrijven en analyseren. Hierbij heb ik gekozen voor verspaningstechnieken die ik zelf het meest heb gebruikt in het PIE-lokaal, en daarom het meest interessant vond:

* Draaien
* Frezen
* Boren

Hierbij gaat het nog niet over CNC apparatuur, wat wij helaas niet tot onze beschikking hebben in het PIE-lokaal.

Bij deze technieken ga ik kijken naar de volgende aspecten:

* Toleranties: Dit zijn de toegestane afwijkingen van de gewenste maatvoering. Bij het draaien worden vaak toleranties van enkele honderdsten van millimeters toegepast, afhankelijk van de nauwkeurigheid die vereist is voor het onderdeel. In Bijlage 1 is een tabel te vinden waarin toleranties kunnen worden afgelezen.
* Ruwheden: Dit zijn de microscopische oneffenheden die ontstaan op het oppervlak van het onderdeel na het draaien. De ruwheid wordt vaak uitgedrukt in Ra-waarde (arithmetisch gemiddelde) en wordt bepaald door de gebruikte snijgereedschappen, de snelheid van het draaien en de voeding van het snijgereedschap.
* Overige kenmerken: Dit omvat onder meer de geometrie van het te bewerken onderdeel.

Uitleg toleranties uit Bijlage 1

De tolerantiegraden IT1 tot IT18 zijn een set standaard toleranties die worden gebruikt om de maatvoering van machinaal bewerkte onderdelen aan te geven. De toleranties worden gebruikt om de maximale afwijkingen in de dimensies van een onderdeel aan te geven, en hoe nauwkeurig deze moeten worden bewerkt.

IT1 is de nauwkeurigste tolerantieklasse en staat voor een strakke tolerantie, met een maximale afwijking van slechts 0,007 mm. Het wordt gebruikt voor zeer nauwkeurige onderdelen, zoals precisie-instrumenten of apparatuur in de lucht- en ruimtevaartindustrie.

De tolerantiegraden IT2 tot IT12 hebben een hogere toegestane afwijking en worden gebruikt voor onderdelen die minder kritisch zijn in termen van nauwkeurigheid. IT2 wordt bijvoorbeeld gebruikt voor lagers, IT7 wordt gebruikt voor assen en IT12 wordt gebruikt voor machineonderdelen waarvoor nauwkeurigheid minder belangrijk is.

IT13 tot IT18 zijn de minst nauwkeurige tolerantiegraden en worden gebruikt voor onderdelen waarbij de afmetingen minder kritisch zijn en waarbij de maakbaarheid belangrijker is dan de precisie. IT18 wordt bijvoorbeeld gebruikt voor grote stalen constructies.

Het gebruik van deze tolerantiegraden is gestandaardiseerd in internationale normen, zoals de ISO 286-1-norm, die specificaties biedt voor tolerantiegraden en hoe deze moeten worden aangegeven op technische tekeningen. Door de standaardisatie kunnen producenten en klanten op een gestandaardiseerde manier communiceren over de nauwkeurigheid van onderdelen en zorgt het voor uniformiteit in de industrie

Draaien:

Bij draaien beweegt heet draaigereedschap zich in een rechte lijn of curve in het vlak wanneer het werkstuk roteert op hoge snelheid. Draaien wordt over het algemeen uitgevoerd op de draaibank om binnen- en buitenste cilindrische oppervlakken, eindvlakken, conische oppervlakken, vormoppervlakken en draden van het werkstuk te verwerken.

Draainauwkeurigheid is over het algemeen IT8 ~ IT7 en de oppervlakteruwheid is 1,6 ~ 0,8 μ m 。

Ruw draaien

Ruw draaien wordt vaak uitgevoerd als de eerste stap in een serie van bewerkingen op een werkstuk. Nadat het ruw draaien is voltooid, kan het werkstuk worden afgewerkt met fijner snijgereedschap om de gewenste afmetingen en afwerking te bereiken. Door middel van ruw draaien kan er op een efficiënte manier een grote hoeveelheid materiaal worden verwijderd, waardoor de totale bewerkingstijd en kosten worden verminderd. Bij ruw draaien wordt het werkstuk in de draaibank vastgezet en vervolgens door middel van een snijgereedschap bewerkt terwijl het ronddraait. Het snijgereedschap verwijdert materiaal van het werkstuk door middel van snijden of schrapen, afhankelijk van het type gereedschap en de gewenste afwerking. Ruw draaien hanteert een grote snijdiepte en hoge toevoersnelheid om de draaiefficiëntie te verbeteren zonder de snelheid te verminderen, maar de bewerkingsnauwkeurigheid kan alleen IT11 bereiken en de

Afwerking draaien

Semi-afwerking draaien is de tussenfase tussen ruw draaien en afwerking draaien. Hierbij wordt het werkstuk met behulp van half-fijne snijgereedschappen bewerkt, om het dichter bij de uiteindelijke vorm en afmetingen te brengen. Het werkstuk wordt niet zo precies bewerkt als bij afwerking draaien, maar het oppervlak wordt wel al enigszins glad gemaakt.

Afwerking draaien is de laatste fase in het bewerkingsproces waarbij het oppervlak van het werkstuk nauwkeurig wordt bewerkt om de gewenste afwerking te krijgen. Tijdens deze fase wordt gebruik gemaakt van fijne snijgereedschappen die het werkstuk met een hoge precisie bewerken. Afwerking draaien wordt gebruikt om het oppervlak van het werkstuk glad te maken, eventuele onregelmatigheden te verwijderen en de gewenste afmetingen te verkrijgen. Semi-afwerking en afwerking draaien moet een hoge snelheid en kleine toevoersnelheid en snijdiepte aannemen, met bewerkingsnauwkeurigheid van IT10 ~ IT7 en oppervlakteruwheid van ra10 ~ 0,16 μ m 。

Afbeelding met naaimachine, apparaat

Automatisch gegenereerde beschrijvingPrecisiebewerking

Precisiebewerking op de draaibank is een geavanceerde vorm van verspanende metaalbewerking waarbij het oppervlak van een werkstuk zeer nauwkeurig wordt bewerkt. Deze techniek wordt gebruikt om producten met een zeer hoge precisie te produceren, zoals onderdelen voor machines, instrumenten en medische apparatuur.

Om precisiebewerking op de draaibank uit te voeren, wordt gebruik gemaakt van speciale snijgereedschappen en technieken die zorgen voor een zeer nauwkeurige bewerking van het werkstuk. De snijgereedschappen worden vaak uitgerust met diamanten of andere harde materialen om het oppervlak van het werkstuk met hoge precisie te kunnen bewerken.

*Afbeelding 3: Draaibank*

Precisiebewerking van non-ferro metalen onderdelen kan IT7 ~ IT5 bereiken en de oppervlakteruwheid is ra0.04 ~ 0.01 met behulp van het diamantdraaigereedschap op een zeer nauwkeurige draaibank, genaamd "Mirror Turning".

Frezen:

Frezen is een verspaningstechniek waarbij een roterend snijgereedschap wordt gebruikt om materiaal af te nemen van een werkstuk. Het snijgereedschap kan verschillende vormen hebben, zoals een vlakke of bolvormige kop. Frezen wordt vaak gebruikt voor het maken van vlakke oppervlakken, groeven en complexe vormen.Afbeelding met microscoop, apparaat, molenaar

Automatisch gegenereerde beschrijvingDe nauwkeurigheid van het frezen kan in het algemeen IT8 ~ IT7 bereiken, en de oppervlakteruwheid is 6,3 ~ 1,6 um.

Ruw frezen

Ruw frezen is een verspanende bewerkingstechniek die wordt gebruikt om overtollig materiaal van een metaalwerkstuk te verwijderen met behulp van een draaiende freeskop met meerdere snijkanten. Dit proces wordt meestal uitgevoerd als de eerste stap in het bewerkingsproces van een werkstuk, waarbij het doel is om het werkstuk zo dicht mogelijk bij de uiteindelijke vorm te brengen voordat het verder wordt bewerkt.

*Afbeelding 4: Freesbank*

Bij het ruw frezen van metaal wordt de freeskop met hoge snelheid gedraaid en wordt deze geleidelijk naar het werkstuk toe bewogen, waarbij de snijkanten van de freeskop materiaal van het werkstuk afsnijden. Tijdens het frezen wordt er meestal koelmiddel gebruikt om te voorkomen dat de freeskop te heet wordt en om het materiaal te helpen afvoeren.

Ruw frezen wordt vaak gebruikt bij de bewerking van grote werkstukken, omdat het sneller en efficiënter is dan het gebruik van andere verspanende technieken, zoals draaien of boren. Het kan ook worden gebruikt voor het maken van groeven, sleuven en andere complexe vormen in metaalwerkstukken. Er kan een bewerking nauwkeurigheid IT11 ~ IT13 en oppervlakteruwheid 5 ~ 20 um in ruw frezen worden bereikt.

Halfafwerkings frezen

Halfafwerkings frezen is een verspanende bewerkingstechniek die wordt gebruikt om een metalen werkstuk verder te bewerken nadat het ruw is gefreesd, maar voordat het de uiteindelijke vorm en afwerking heeft bereikt. Het doel van halfafwerkings frezen is om de vorm en maat van het werkstuk nauwkeuriger te maken en om het oppervlak van het werkstuk te verbeteren.

Bij halfafwerkings frezen wordt een frees met specifieke snijkanten en geometrieën gebruikt om het werkstuk verder te bewerken. Deze frezen hebben meestal minder snijkanten dan ruwfreesgereedschappen, waardoor ze minder materiaal per snede kunnen verwijderen en dus langzamer zijn. Het resultaat van halfafwerkings frezen is echter een hogere nauwkeurigheid en een betere afwerking van het werkstuk.

De toepassing van halfafwerkings frezen kan variëren afhankelijk van het specifieke werkstuk en de vereisten van de eindtoepassing. Het kan bijvoorbeeld worden gebruikt om een werkstuk te dimensioneren, gaten te boren, groeven te maken of oppervlakken te profileren. Na halfafwerkings frezen kan het werkstuk verder worden bewerkt met afwerkingsbewerkingen om de uiteindelijke vorm en afwerking te bereiken.

De halfafwerkingsfreesnauwkeurigheid is IT8-IT11 met een oppervlakteruwheid van 2,5-10 um.

Afwerkingsfrezen

Afwerkingsfrezen is een verspanende bewerkingstechniek die wordt gebruikt om een metalen werkstuk de uiteindelijke vorm en afwerking te geven. Het doel van afwerkingsfrezen is om het werkstuk nauwkeuriger te maken en een hoogwaardige afwerking te bereiken.

Bij afwerkingsfrezen wordt gebruik gemaakt van een freesgereedschap met specifieke snijkanten en geometrieën die zorgen voor een fijnere afwerking van het werkstuk. De snijkanten zijn ontworpen om zeer kleine hoeveelheden materiaal per snede te verwijderen, waardoor het werkstuk zeer nauwkeurig en precies kan worden bewerkt. Dit resulteert in een glad oppervlak met minimale ruwheid en fouten.

Afwerkingsfrezen wordt meestal uitgevoerd nadat het werkstuk is bewerkt met halfafwerkings frezen en is bedoeld om de laatste details en de afwerking te geven. Het wordt vaak gebruikt voor toepassingen waarbij de hoogste precisie en afwerking vereist zijn, zoals in de luchtvaart-, medische en automobielindustrie.

Na afwerkingsfrezen kan het werkstuk verdere afwerkingsbewerkingen ondergaan, zoals polijsten of ontbramen, om het oppervlak nog verder te verbeteren. Het resultaat van afwerkingsfrezen is een hoogwaardig en nauwkeurig metalen werkstuk dat geschikt is voor gebruik in diverse toepassingen.

Bovenkant formulier

De precisie van het afwerkingsfrezen is IT16 ~ IT8 en de oppervlakteruwheid is 0,63 ~ 5 micron.



Boren:

Boren is een verspaningstechniek waarbij een ronddraaiend snijgereedschap wordt gebruikt om een gat in het werkstuk te maken. Het snijgereedschap beweegt langs de as van het werkstuk en verwijdert materiaal om het gat te maken. Boren wordt vaak gebruikt voor het maken van ronde gaten in verschillende materialen zoals metaal of kunststof.

Onder boren verstaan we verschillende bewerkingen:

* Boren: dit is een speciaal gereedschap dat is ontworpen voor het boren van gaten in metaal. Boren zijn verkrijgbaar in verschillende maten en vormen, afhankelijk van het gewenste resultaat. Ze kunnen worden gebruikt op een boormachine, kolomboormachine of draaibank.
* Centerboren: dit is een speciaal type boor dat wordt gebruikt om het gat te markeren voordat het wordt geboord. Centerboren zijn verkrijgbaar in verschillende maten en vormen en worden vaak gebruikt bij precisieboren om ervoor te zorgen dat het gat op de juiste plek wordt geboord.

Om in metaal te boren, moet je eerst het werkstuk stevig vastzetten met behulp van een bankschroef of een andere klem. Vervolgens moet je de boor of centerboor op de juiste plaats op het werkstuk plaatsen en beginnen met boren. Het is belangrijk om de boor of centerboor recht te houden en om voldoende druk uit te oefenen om in het metaal te kunnen boren.

*Afbeelding 5: Kolomboor*

De nauwkeurigheid van het boren is laag, in het algemeen slechts tot aan IT10, en de oppervlakteruwheid is in het algemeen 12,5 - 6,3 pm.

Afbeelding met diagram

Automatisch gegenereerde beschrijving

*Afbeelding 6: Ruwheid bewerkingen*

1. Niet verspanende productietechnieken

Niet-verspanende metaalbewerkingstechnieken zijn processen waarbij er geen materiaal wordt verwijderd door middel van snijden, boren of frezen, maar waarbij het metaal wordt gevormd door middel van druk, buigen, walsen of gieten.

Enkele voorbeelden van niet-verspanende metaalbewerkingstechnieken zijn:

* Buigen: Hierbij wordt het metaal gebogen om de gewenste vorm te krijgen. Dit kan met behulp van een buigmachine of door het metaal handmatig te buigen.
* Walsen: Bij het walsen wordt het metaal tussen twee rollen doorgevoerd om het in de gewenste vorm te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld gebruikt worden om plaatmateriaal te maken.
* Gieten: Bij het gieten wordt het metaal gesmolten en vervolgens in een vorm gegoten om de gewenste vorm te krijgen. Dit wordt bijvoorbeeld gebruikt bij het maken van onderdelen voor machines.
* Trekken: Hierbij wordt het metaal door een kleine opening getrokken om het in de gewenste vorm te krijgen. Dit wordt bijvoorbeeld gebruikt bij het maken van draad.

Niet-verspanende metaalbewerkingstechnieken hebben vaak als voordeel dat er minder afval en restmateriaal wordt geproduceerd dan bij verspanende technieken. Bovendien kunnen complexe vormen worden gemaakt die met verspanende technieken moeilijker te realiseren zijn. De bewerkingsvorm die ik hiervan het meest gebruik is het buigen van metaal door middel van de zetbank.

**Zetten**

Het buigen van metaal door middel van een zetbank is een veelgebruikte techniek in de metaalbewerking om metalen platen en profielen te vormen. Een zetbank is een machine die bestaat uit een werkblad waarop het te bewerken metaal wordt geplaatst, en een beweegbare balk die het metaal buigt.

Het proces begint met het instellen van de zetbank op de gewenste hoek en diepte voor de buiging. Het te bewerken metaal wordt vervolgens op het werkblad geplaatst en tegen de zijkant van de balk gedrukt. De balk beweegt dan naar beneden en drukt het metaal in de gewenste vorm.

Het buigen van het metaal kan op verschillende manieren gebeuren. Bijvoorbeeld door het metaal in één keer te buigen, door het metaal in meerdere stappen te buigen, of door het metaal te kanten. Bij het kanten van het metaal wordt een rand van het metaal omgevouwen in een hoek van 90 graden.

Het buigen van metaal door middel van een zetbank vereist enige kennis en ervaring om de gewenste resultaten te behalen. Het is belangrijk om rekening te houden met de eigenschappen van het metaal, zoals de dikte en de buigbaarheid, en om de zetbank op de juiste manier in te stellen. Vaak wordt gebruik gemaakt van een plaatuitslag, en hierbij moeten de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Bepaal de lengte van het te buigen stuk metaal in millimeters.
2. Bepaal de buigradius, dit is de radius van de buiging die u wilt maken, ook in millimeters.
3. Bepaal de k-factor, deze waarde is afhankelijk van de dikte van het materiaal, de buigradius en het type materiaal dat wordt gebruikt. De k-factor wordt vaak gegeven in tabellen die beschikbaar zijn bij de fabrikant van de zetbank of in de technische documentatie.
4. Bereken de plaatuitslag met de formule: Plaatuitslag = (2 x B buigradius + PI x binnenradius) x k-factor. Waarbij B de breedte van het te buigen stuk metaal is, en PI de constante is die de verhouding tussen de omtrek en de diameter van een cirkel aangeeft (ongeveer 3,14).
5. Verbindingstechnieken

Losneembare technieken

Er zijn verschillende technieken beschikbaar om losneembare verbindingen te maken in de metaalproductie. Enkele voorbeelden zijn:

1. Schroeven en moeren: Dit is een van de meest gebruikte technieken voor losneembare verbindingen in de metaalproductie. Een schroef wordt in een gat in het ene metaal gedraaid, en de moer wordt op de schroef gedraaid en vastgedraaid aan het andere metaal. Door de moer los te draaien, kan de verbinding worden losgemaakt.
2. Borgpennen: Borgpennen worden gebruikt om twee metalen delen bij elkaar te houden. De pin wordt door beide delen heen gestoken en aan één zijde vastgezet met een veer of een clip. Om de verbinding los te maken, moet de clip of veer worden verwijderd en kan de pin eruit worden getrokken.
3. Klemmen: Klemmen worden gebruikt om twee of meer metalen delen samen te houden. Ze kunnen eenvoudig worden vastgemaakt en losgemaakt door de klem te openen en te sluiten.
4. Magneetverbindingen: Deze techniek maakt gebruik van magneten om metalen delen aan elkaar te bevestigen. De magneten worden geplaatst in een patroon zodat de delen bij elkaar worden gehouden. Om de verbinding los te maken, hoeft alleen de magnetische kracht te worden overwonnen.
5. Snap-ringen: Dit zijn ringen die in een groef op een metalen onderdeel worden gedrukt. Ze worden gebruikt om twee delen samen te houden, en kunnen eenvoudig worden verwijderd met een tang als dat nodig is.
6. Lijmen: Hoewel lijmen vaak wordt gebruikt om metalen permanent aan elkaar te bevestigen, zijn er ook lijmen die een losneembare verbinding kunnen maken. Deze lijmen kunnen worden aangebracht op het oppervlak van het metaal en kunnen worden losgemaakt met behulp van een oplosmiddel of warmte.
7. Interlocking verbindingen: Dit zijn verbindingen waarbij twee metalen delen in elkaar passen, zoals tandwielen of nokken. Ze worden gebruikt om twee delen samen te houden en kunnen worden losgemaakt door de delen uit elkaar te trekken.
8. Cam locks: Dit zijn verbindingen die worden gemaakt door een nok of knop in een groef te steken. De verbinding kan worden vastgezet door de knop of nok te draaien, en kan worden losgemaakt door deze weer te draaien.
9. Koppelingen: Dit zijn verbindingen die worden gebruikt om twee metalen buizen of slangen aan elkaar te bevestigen. Ze kunnen eenvoudig worden vastgemaakt en losgemaakt door de koppeling te draaien.

Het kiezen van de juiste losneembare verbindingstechniek hangt af van de specifieke vereisten van de toepassing en de gebruikte materialen. Het is belangrijk om een goede afweging te maken tussen kosten, complexiteit en het gewenste resultaat.

Er zijn verschillende voordelen verbonden aan het gebruik van losneembare verbindingstechnieken in de metaalproductie:

1. Herstelbaarheid: Bij een losneembare verbinding kan de verbinding eenvoudig worden losgemaakt en weer vastgezet worden. Dit maakt reparaties en aanpassingen veel gemakkelijker dan bij permanente verbindingen.
2. Flexibiliteit: Losneembare verbindingen zijn ook flexibeler omdat ze kunnen worden losgemaakt en opnieuw worden gebruikt. Dit maakt het mogelijk om componenten te hergebruiken en de mogelijkheid om componenten te recyclen wanneer ze niet meer nodig zijn.
3. Snelle assemblage en demontage: Het gebruik van losneembare verbindingen kan het assemblageproces van metalen producten versnellen omdat de verbindingen eenvoudig in elkaar te zetten zijn. Demontage kan ook snel gebeuren omdat de verbindingen gemakkelijk te demonteren zijn zonder schade aan de componenten.
4. Kostenbesparend: Het gebruik van losneembare verbindingen kan kostenbesparend zijn omdat ze kunnen worden hergebruikt en gemakkelijker te repareren zijn dan permanente verbindingen. Bovendien kan het gebruik van losneembare verbindingen het aantal benodigde componenten verminderen omdat ze kunnen worden hergebruikt.
5. Eenvoudige vervanging van componenten: Door het gebruik van losneembare verbindingen kan een defect of beschadigd onderdeel eenvoudig worden vervangen zonder de hele constructie te moeten vervangen. Dit bespaart niet alleen tijd en geld, maar kan ook helpen om de levensduur van het product te verlengen.

Kortom, het gebruik van losneembare verbindingstechnieken in de metaalproductie biedt tal van voordelen ten opzichte van permanente verbindingen en kan een kosteneffectieve en flexibele oplossing bieden. Ondanks de vele voordelen die losneembare verbindingstechnieken bieden, zijn er ook enkele nadelen waarmee rekening moet worden gehouden:

1. Zwakkere verbinding: In sommige gevallen kan een losneembare verbinding minder sterk zijn dan een permanente verbinding. Dit kan leiden tot verminderde prestaties of stabiliteit van het product.
2. Kosten: Losneembare verbindingen kunnen in sommige gevallen duurder zijn dan permanente verbindingen, vooral als er speciale componenten nodig zijn om de verbinding tot stand te brengen.
3. Onderhoud: Hoewel losneembare verbindingen gemakkelijk te demonteren en te vervangen zijn, vereisen ze ook regelmatig onderhoud om ervoor te zorgen dat ze goed blijven werken en om het risico op storingen te verminderen.
4. Tijd: Hoewel het gebruik van losneembare verbindingen tijd kan besparen bij assemblage en demontage, kan het in sommige gevallen meer tijd kosten om de verbinding tot stand te brengen dan bij permanente verbindingen.
5. Beperkingen van toepassing: Niet alle metalen componenten of structuren kunnen gebruik maken van losneembare verbindingen. Bij sommige toepassingen is het gebruik van permanente verbindingen essentieel vanwege de hoge belasting, trillingen of andere factoren.

Niet losneembare technieken (lastechnieken)

Er zijn verschillende technieken die permanente verbinding bewerkstelligen:

1. Lassen: Dit is een techniek waarbij metalen delen aan elkaar worden gesmolten en vervolgens weer afkoelen, waardoor ze stevig aan elkaar worden verbonden. Hieronder vallen weer veel verschillende lastechnieken: MIG/MAG-lassen, TIG-lassen, Elektrisch booglassen, onderpoederlassen, plasma-lassen, beklede elektrode lassen.
2. Solderen: Dit is een techniek waarbij een soldeerlegering tussen de twee metalen wordt aangebracht en verhit totdat het smelt en de twee delen aan elkaar smelt.
3. Klinken: Dit is een techniek waarbij een metalen pen door de te verbinden delen wordt gestoken en vervolgens aan de andere kant wordt vastgeklonken, waardoor een permanente verbinding ontstaat.
4. Bouten en moeren: Dit is een techniek waarbij bouten en moeren worden gebruikt om twee metalen delen samen te drukken en aan elkaar te bevestigen.
5. Spijkers en nietjes: Dit zijn technieken waarbij spijkers of nietjes in metaal worden gedreven om twee delen aan elkaar te hechten.
6. Lijmen: Dit is een techniek waarbij een lijmverbinding tussen twee metalen delen wordt aangebracht en vervolgens uithardt, waardoor een permanente verbinding ontstaat.
7. Nagelen: Dit is een techniek waarbij metalen nagels worden gebruikt om twee delen aan elkaar te bevestigen.
8. Krimpen: Dit is een techniek waarbij een metalen buis over de te verbinden delen wordt geschoven en vervolgens met een tang wordt samengeperst, waardoor een permanente verbinding ontstaat.
9. Persen: Dit is een techniek waarbij metaal wordt geperst om het in de gewenste vorm te brengen of om twee delen aan elkaar te bevestigen.
10. Smeden: Dit is een techniek waarbij metaal wordt verhit en vervolgens met een hamer in de gewenste vorm wordt geslagen, waardoor een permanente verbinding ontstaat.

Hier zijn enkele voordelen van niet losneembare verbindingstechnieken:

1. Sterke verbinding: Niet losneembare technieken zoals lassen en solderen resulteren in zeer sterke verbindingen die bestand zijn tegen hoge krachten en belastingen.
2. Duurzaamheid: Niet losneembare verbindingen hebben de neiging om duurzaam en langdurig te zijn, wat betekent dat ze niet snel zullen loskomen of falen.
3. Waterdicht: Niet losneembare verbindingen zoals lassen, solderen en krimpen kunnen waterdicht zijn, waardoor ze geschikt zijn voor toepassingen waarbij waterdichtheid belangrijk is.
4. Esthetisch: Niet losneembare verbindingen kunnen er esthetisch aantrekkelijk uitzien, vooral bij lassen of solderen, omdat de verbindingen een naadloos uiterlijk hebben.
5. Eenvoudig in gebruik: Niet losneembare verbindingen kunnen gemakkelijk worden bevestigd en vereisen vaak minder onderhoud dan losneembare verbindingen.
6. Kostenbesparing: In sommige gevallen kunnen niet losneembare verbindingstechnieken kostenbesparend zijn omdat ze minder bevestigingsmateriaal vereisen dan losneembare verbindingstechnieken.

Kortom, niet losneembare verbindingstechnieken zijn geschikt voor toepassingen waarbij duurzaamheid, sterkte, waterdichtheid en esthetiek belangrijk zijn en waarbij het niet nodig is om de verbinding los te maken.

Hier zijn enkele nadelen van niet losneembare verbindingstechnieken:

1. Niet demonteerbaar: Een van de belangrijkste nadelen van niet losneembare verbindingen is dat ze niet demonteerbaar zijn, wat betekent dat het erg moeilijk is om de verbinding los te maken en de delen uit elkaar te halen als dat nodig is.
2. Beperkte herstelmogelijkheden: Als er een probleem is met een niet losneembare verbinding, kan het erg moeilijk zijn om deze te herstellen of te vervangen zonder de delen te beschadigen.
3. Kostbaar: Niet losneembare verbindingstechnieken zoals lassen en solderen vereisen vaak gespecialiseerde apparatuur en vakkundig personeel, wat kan leiden tot hogere kosten dan bijvoorbeeld schroefverbindingen.
4. Thermische vervorming: Sommige niet losneembare verbindingstechnieken, zoals lassen, kunnen thermische vervorming veroorzaken, wat kan leiden tot vervorming of verzwakking van de delen die worden verbonden.
5. Beperkt aanpasbaar: Niet losneembare verbindingstechnieken kunnen minder aanpasbaar zijn dan losneembare verbindingstechnieken, omdat ze vaak specifieke gereedschappen of apparatuur vereisen en niet gemakkelijk kunnen worden aangepast of aangepast aan specifieke omstandigheden.
6. Beperkte ontwerpflexibiliteit: Sommige niet losneembare verbindingstechnieken, zoals lassen, kunnen de ontwerpflexibiliteit beperken omdat de vorm van de delen die verbonden moeten worden, beperkt is tot de technische mogelijkheden van het lassen.

Kortom, niet losneembare verbindingstechnieken hebben beperkingen en kunnen niet altijd geschikt zijn voor alle toepassingen. Het is belangrijk om de juiste verbindingstechniek te kiezen op basis van de specifieke behoeften van de toepassing.

Bovenkant formulier

1. Corrosie

Corrosie is een proces waarbij metalen reageren met hun omgeving en worden aangetast. Het is een ongewenste en vaak schadelijke reactie die kan leiden tot degradatie van het metaal en vermindering van de levensduur van constructies en apparaten. Corrosie is een elektrochemisch proces waarbij het metaal wordt aangetast door reacties met zuurstof, water, zuren of andere stoffen in de omgeving. Hierbij ontstaan er veranderingen in de structuur en eigenschappen van het metaal, zoals roestvorming, verkleuring, putjes, scheuren en uiteindelijk zelfs breuken. Corrosie kan leiden tot gevaarlijke situaties, zoals lekkages, ontploffingen en instortingen, en kan aanzienlijke economische schade veroorzaken. Daarom is het belangrijk om corrosie te voorkomen of te beperken door middel van preventieve maatregelen en regelmatig onderhoud en inspectie.

Soorten corrosie:

Hieronder beschrijf ik 7 veelvoorkomende soorten corrosie en hun oorzaken:

1. Uniforme corrosie: dit is de meest voorkomende vorm van corrosie, waarbij het metaal gelijkmatig wordt afgebroken door reacties met bijvoorbeeld zuurstof of water. Dit kan leiden tot een verlies van materiaalsterkte en een vermindering van de levensduur van het metaal.
2. Interkristallijne corrosie: hierbij treedt corrosie op langs de korrelgrenzen van een metaal, waardoor deze broos en zwak wordt. Dit kan worden veroorzaakt door blootstelling aan hoge temperaturen of door onjuiste warmtebehandeling.
3. Spanningscorrosie: dit is een corrosieproces dat wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van spanningen in het metaal. Deze spanningen kunnen worden veroorzaakt door onder andere temperatuurverschillen, spanningen in de constructie of door een verkeerde montage.
4. Putcorrosie: dit is corrosie die optreedt op kleine plaatsen waar beschadigingen aan de beschermende laag van het metaal zijn ontstaan, bijvoorbeeld door krassen, putjes of putjes. Dit kan worden veroorzaakt door onjuiste reiniging of blootstelling aan agressieve stoffen.
5. Galvanische corrosie: dit treedt op wanneer twee verschillende metalen in contact komen met elkaar in aanwezigheid van een elektrolyt, zoals water. Hierbij zal het ene metaal fungeren als anode en het andere als kathode. De anode zal worden afgebroken ten gunste van de kathode.
6. Lochcorrosie: dit is corrosie die optreedt op het oppervlak van het metaal en diepe, onregelmatige gaten kan veroorzaken. Dit kan worden veroorzaakt door blootstelling aan zuurhoudende stoffen of door onjuiste warmtebehandeling.
7. Contactcorrosie: dit treedt op wanneer twee verschillende metalen in direct contact komen met elkaar en vervolgens blootgesteld worden aan een elektrolyt. Dit kan worden veroorzaakt door onjuiste materiaalkeuze of onjuiste isolatie.

De oorzaken van corrosie zijn onder andere vochtigheid, hoge temperaturen, zouten, zuren, basen, gassen en andere chemische stoffen. Door de juiste materialen te kiezen en de juiste behandelingen toe te passen, kan corrosie worden voorkomen of verminderd.

Corrosiepreventie:

Er zijn verschillende methoden om corrosie in het algemeen te voorkomen:

* Coating: Het aanbrengen van een beschermende laag op het metaal kan helpen om corrosie te voorkomen. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld verf, poedercoating, zink of chroom.
* Legering: Het gebruik van metalen met een hoge weerstand tegen corrosie kan helpen om corrosie te voorkomen. Roestvast staal (RVS) is bijvoorbeeld een legering met een hoge weerstand tegen corrosie.
* Kathodische bescherming: Dit is een methode waarbij een stroom van elektronen wordt aangebracht op het metaal, waardoor het metaal wordt beschermd tegen corrosie.
* Passivering: Dit is een methode waarbij een dunne laag van oxide of andere beschermende stoffen op het oppervlak van het metaal wordt aangebracht, waardoor het metaal wordt beschermd tegen corrosie.

Hieronder volgen per 7 soorten corrosie enkele specifieke aandachtspunten om deze te voorkomen:

1. Uniforme corrosie: Om deze vorm van corrosie te voorkomen kan bijvoorbeeld het gebruik van corrosiewerende coatings of het regelmatig inspecteren en onderhouden van het metaal helpen.
2. Interkristallijne corrosie: Het gebruik van metalen met een lagere gevoeligheid voor interkristallijne corrosie en het vermijden van blootstelling aan hoge temperaturen kan helpen om deze vorm van corrosie te voorkomen.
3. Spanningscorrosie: Het vermijden van spanningen in de constructie en het gebruik van corrosiewerende materialen kan helpen om spanningscorrosie te voorkomen.
4. Putcorrosie: Het regelmatig controleren en onderhouden van de beschermende coatings en het vermijden van beschadigingen aan het metaal kan helpen om putcorrosie te voorkomen.
5. Galvanische corrosie: Het vermijden van contact tussen verschillende metalen en het gebruik van corrosiewerende coatings kan helpen om galvanische corrosie te voorkomen.
6. Lochcorrosie: Het vermijden van blootstelling aan zure of alkalische stoffen en het gebruik van corrosiewerende coatings kan helpen om lochcorrosie te voorkomen.
7. Contactcorrosie: Het vermijden van contact tussen verschillende metalen en het gebruik van corrosiewerende materialen kan helpen om contactcorrosie te voorkomen. Het is ook belangrijk om ervoor te zorgen dat er geen elektrolyt in het spel is, zoals water of zout.

Bronvermelding

316 / 316L. Geraadpleegd op 23 maart 2023, van <https://merinox.nl/product/316-316l/>.

Algemene toleranties volgens ISO 2768-1. CNC Productionservice. Geraadpleegd op 18 maart 2023, van <https://cnc-productionservice.nl/technische-bibliotheek/algemene-toleranties-volgens-iso-2768-1/>.

Alles wat u moet weten over PEX-pipe. Geraadpleegd op 5 maart 2023, van <https://alexwaterandbouw.nl/loodgieter/alles-wat-u-moet-weten-over-pex-pipe/>.

American Galvanizers Association. (z.d.). About Corrosion | American Galvanizers Association. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://galvanizeit.org/corrosion/about-corrosion>

American Metal Protection Association (2021). What is Corrosion? Geraadpleegd op 21 maart 2023 <https://www.ampp.org/technical-research/what-is-corrosion>

CAD College (z.d.). Basisprincipes van tekeninglezen. Geraadpleegd op 18 maart 2023, van <https://www.cadcollege.net/caco6/thema/0/theorie/0>

Corrosion. Geraadpleegd op 21 maart 2023 van <https://www.materialsperformance.com/topics/corrosion>

Cross-linked polyethylene. Geraadpleegd op 10 maart 2023, van <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/cross-linked-polyethylene>.

Het ijzer-koolstof-diagram. Geraadpleegd op 8 maart 2023, van <https://www.alurvs.nl/staal/rubriekenlijst/het-ijzer-koolstof-diagram_14859/>

Kooimans, M., & Pallada, M. (2017). Materiaalkunde voor technici. Uitgeverij Deviant.

Metalen buizen voor verwarming. Geraadpleegd op 5 maart 2023, van <https://buildex.techinfus.com/nl/otoplenie/metallicheskie-truby-dlya-otopleniya.html>

Plaatuitslag berekenen. Geraadpleegd op 18 maart 2023, van <https://tosec.nl/nl/wiki/plaatuitslag-berekenen/>.

RVS kwaliteiten – AISI 316. Geraadpleegd op 7 maart 2023, van <https://www.hego.nl/rvs-kwaliteiten-aisi-316/#:~:text=De%20316L%20(low%20carbon)%20kwaliteit,lassen%20niet%20gegloeid%20kan%20worden>

Soorten roestvaststaal en hun eigenschappen. Geraadpleegd op 7 maart 2023, van <https://www.alurvs.nl/roestvast-staal/Soorten-roestvaststaal-en-hun-eigenschappen/>.

Van der Put, J. (2013). Moderne Industriële Productie. Uitgeverij Boom.

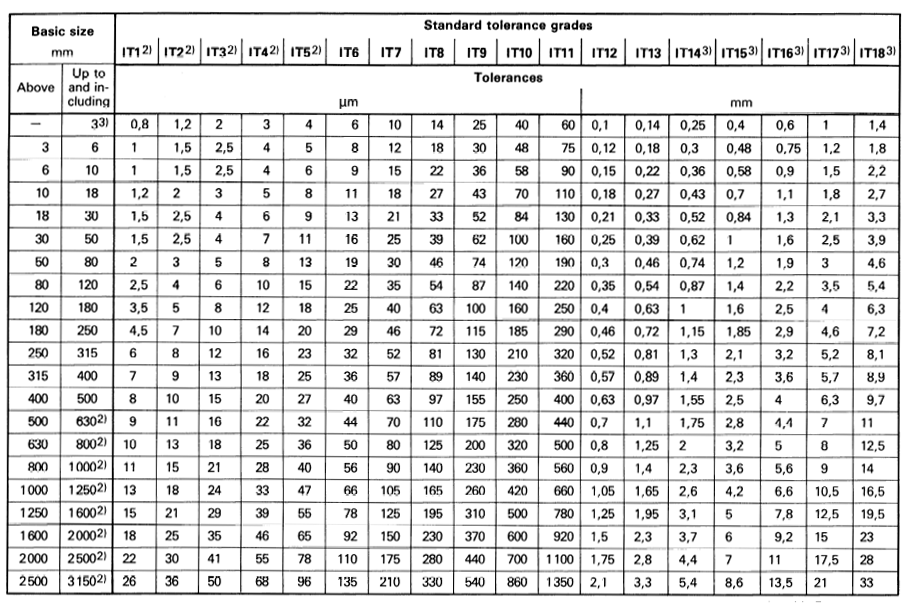
Vorm- en plaatstoleranties. Geraadpleegd op 18 maart 2023 van <https://docplayer.nl/13700199-Vorm-plaatstoleranties.html>

VSH RVS buis diameter 15mm dikte 1mm 6192307. Geraadpleegd op 5 maart 2023, van <https://www.saniheat.nl/p/524875/VSH-RVS-buis-diameter-15mm-dikte-1mm-6192307>.

Wat is het verschil tussen een PE-RT en PEX buis? Geraadpleegd op 7 maart 2023, van <https://www.vloerverwarming-direct.nl/nieuwsbericht/3000039/wat-is-het-verschil-tussen-een-pe-rt-en-pex-buis>.

What Machining Accuracy Can Be Achieved By Turning? Geraadpleegd op 18 maart 2023, van <https://nl.allescncmachine.com/news/what-machining-accuracy-can-be-achieved-by-tur-24222711.html>.

Bijlage 1

Tolerantie gradaties IT1 – IT18