



mbo

Materialenleer

Materialenkennis

TECHNIEKSTAD



COLOFON

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq
Postbus 81
1200 AB Hilversum

info@techniekstad.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding materialenleer	7
1.1	Indeling technische materialen	8
1.2	Materiaalkeuze	8
1.3	Materiaaleigenschappen	9
1.4	Beïnvloeding materiaaleigenschappen	12
1.5	Materiaalonderzoek	13
1.6	Samenvatting	15
1.7	Antwoorden	16
2	Staalsoorten	17
2.1	Indeling staalsoorten- en kwaliteiten	18
2.2	Staal ingedeeld naar toepassing en materiaaleigenschappen	18
2.3	Staal ingedeeld naar chemische samenstelling	21
2.4	Ongelegeerd staal	22
2.5	Gelegeerd staal	23
2.6	Aanduiding staalsoorten- en kwaliteiten	27
2.7	Samenvatting	29
2.8	Antwoorden	30
3	Gietijzer en gietstaal	31
3.1	Gietijzer	32
3.2	Gietijzersoorten	34
3.3	Aanduidingen van gietijzer	37
3.4	Toepassingen van gietijzer	40
3.5	Gelegeerd gietijzer	41
3.6	Gietijzer bewerken	42
3.7	Gietstaal	44
3.8	Soorten gietstaal	44
3.9	Aanduiding gietstaal	45
3.10	Vergelijking gietijzer en gietstaal	46
3.11	Samenvatting	47
3.12	Antwoorden	48
4	Aluminium en aluminiumlegeringen	49
4.1	Ongelegeerd aluminium	50
4.2	Aluminiumlegeringen	51
4.3	Verwerken van aluminium	55
4.4	Samenvatting	61
4.5	Antwoorden	62
5	Overige Non-ferrometalen	63
5.1	Koper- en koperlegeringen	64
5.2	Magnesium en magnesiumlegeringen	70
5.3	Titanium en titaniumlegeringen	71
5.4	Zink en zinklegeringen	73
5.5	Lood en loodlegeringen	74
5.6	Tin en tinlegeringen	75

5.7	Samenvatting	77
5.8	Antwoorden	78
6	Koel- en smeermiddelen	79
6.1	Verschijningsvormen	80
6.2	Viscositeit	82
6.3	Soorten, eigenschappen en toepassingen	85
6.4	Samenvatting	90
6.5	Antwoorden	91
7	Kunststoffen (algemeen)	93
7.1	Indeling van kunststoffen	94
7.2	Fabricage van kunststoffen	96
7.3	Materiaaleigenschappen	97
7.4	Toevoegmiddelen	100
7.5	Milieu-aspecten en recycling	102
7.6	Samenvatting	106
7.7	Antwoorden	107
8	Kunststofsoorten	109
8.1	Thermoplasten	110
8.2	Thermoharders	123
8.3	Elastomeren	126
8.4	Vezelversterkte kunststoffen	127
8.5	Samenvatting	133
8.6	Antwoorden	134
9	Materiaalbeproeving (destructief)	135
9.1	Trekproef	136
9.2	Hardheidsmetingen	142
9.3	Buigproef	150
9.4	Kerfslagproef	151
9.5	Vermoeiingsproef	153
9.6	Samenvatting	155
9.7	Antwoorden	156
10	Materiaalbeproeving (niet-destructief)	157
10.1	Niet-destructieve materiaalbeproeving	158
10.2	Visuele inspectie	159
10.3	Magnetisch onderzoek	160
10.4	Penetrant onderzoek	162
10.5	Wervelstroomonderzoek	164
10.6	Ultrasoon onderzoek	166
10.7	Radiografisch onderzoek	169
10.8	Akoestisch onderzoek	170
10.9	Samenvatting	171
10.10	Antwoorden	172
11	Warmte- en oppervlaktebehandelingen	173
11.1	Samenstelling ongelegeerd staal	174
11.2	Warmtebehandelingen	176

11.3	Oppervlaktebehandelingen	189
11.4	Samenvatting	194
11.5	Antwoorden	195
12	Vragen	197
12.1	Vragen Inleiding materialenleer	197
12.2	Vragen Staalsoorten	200
12.3	Vragen Gietijzer en gietstaal	202
12.4	Vragen Aluminium en aluminiumlegeringen	206
12.5	Vragen Overige Non-ferrometalen	210
12.6	Vragen koel- en smeermiddelen	213
12.7	Vragen Kunststoffen (algemeen)	215
12.8	Vragen Kunststofsoorten	219
12.9	Vragen Materiaalbeproeving (destructief)	225
12.10	Vragen Materiaalbeproeving (niet-destructief)	230
12.11	Vragen Warmte- en oppervlaktebehandelingen	234

INZEGE

1 Inleiding materialenleer

Inleiding

Alles wat je maakt wordt geconstrueerd van materialen. Banden van rubber; een buddy-seat van kunstleer en een frame van staal. Staal heeft bijvoorbeeld de eigenschap dat het sterk is, zodat de scooter niet krom trekt. Zo heeft elk materiaal haar eigen materiaaleigenschappen.



Scooter: verschillende materialen

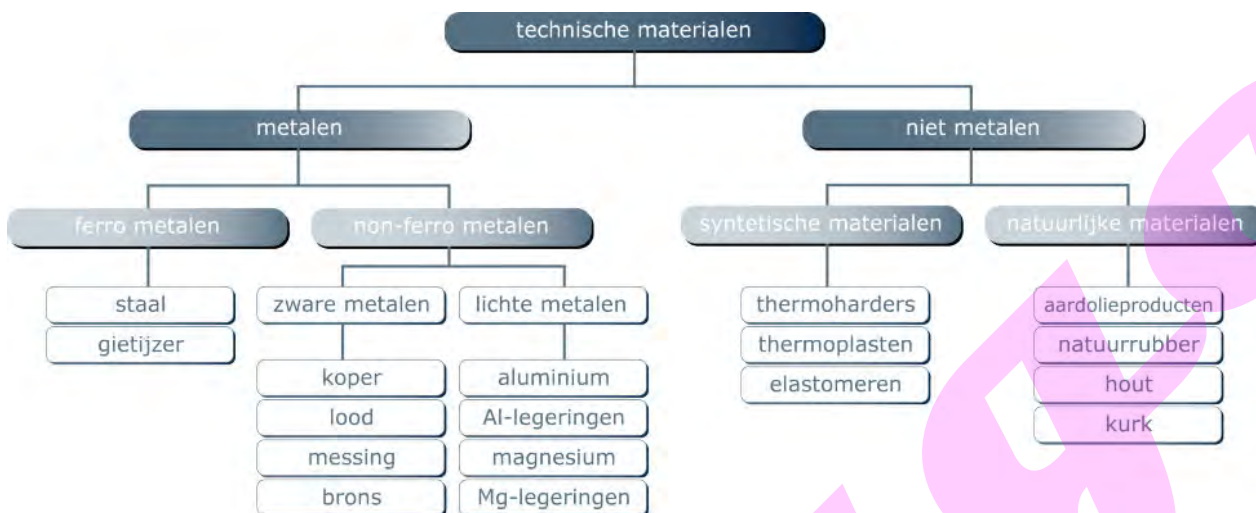
Leerdoelen

Je kunt:

- constructie materialen benoemen
- factoren noemen die de materiaalkeuze bepalen
- een materiaalkeuze maken
- materiaaleigenschappen benoemen
- het doel van beïnvloeden van materiaal uitleggen
- uitleggen wat materiaalonderzoek is
- voorbeelden geven van materiaalonderzoek.

1.1 Indeling technische materialen

Als je om je heen kijkt zie je heel veel verschillende materialen. Deze materialen hebben allemaal een functie. In jouw vakgebied gebruik je *technische materialen*. Deze kun je weer verdelen in *metalen* en *niet-metalen*. Ook deze materiaalsoorten kun je weer opsplitsen. Zo krijg je een duidelijke structuur of opbouw.



Overzicht materiaalsoorten

1.2 Materiaalkeuze

Voor een ontwerper is de materiaalkeuze erg belangrijk. Meestal gaat het dan niet alleen om het mooie uiterlijk, maar ook om andere eigenschappen van een materiaal. De ontwerper moet namelijk ook rekening houden met de functie van het product. Hij kiest daarom materialen waarvan de eigenschappen overeenkomen met de gestelde eisen.

Natuurlijk spelen bij de materiaalkeuze ook economische motieven een rol. Niet alleen de kosten van het product, maar ook het onderhoud kan een grote kostenpost zijn. Daarnaast houdt de ontwerper rekening met hergebruik van het materiaal. Het wordt namelijk steeds belangrijker om rekening te houden met het milieu.



Voldoet het materiaal aan de eisen?



Is het materiaal recyclebaar?

De materiaalkeuze wordt al in het ontwerpproces bepaald. Omdat er wel honderdduizend verschillende materialen zijn, is dit een lastige klus. Factoren die de materiaalkeuze bepalen zijn:

- de functie of het doel van het product
- de kosten van het product
- de verwerkbaarheid van het product
- de levensduur van het product
- de onderhoudskosten
- de milieu-eisen
- de kwaliteitseisen aan het product
- het uiterlijk van het product
- het omgevingsklimaat.

Er bestaat wel een systematiek om tot een keuze te komen. Verder gaat de ontwerper bij de materiaalkeuze ook vaak af op zijn eigen ervaringen met een materiaal.

?

1. Welke materialen zijn bij jouw bedrijf of school gebruikt voor de constructie van het gebouw? Noem er minstens drie.

?

2. Geef aan waarom de materialen voor de constructie van jouw bedrijf of school zijn gekozen.

1.3 Materiaaleigenschappen

De materiaaleigenschappen worden in vier groepen verdeeld:

1. mechanische eigenschappen
2. fysische eigenschappen
3. chemische eigenschappen
4. technologische eigenschappen

Mechanische eigenschappen

Mechanische eigenschappen zijn belangrijk wanneer er krachten op het materiaal uitgeoefend worden. Het zijn de eigenschappen die de vormvastheid en de belastbaarheid van een materiaal bepalen. Deze eigenschappen zijn voor de constructeur heel belangrijk:

- **Treksterkte:**
De maximale trekkracht die een voorwerp kan verdragen voordat het breekt.
- **Elasticiteitsgrens:**
De rek die een materiaal heeft. Boven deze grens is het materiaal blijvend vervormd. Ook wel rekgrens genoemd.
- **Hardheid:**
De weerstand die een materiaal biedt tegen blijvende vervorming.
- **Vermoeiingsgrens:**
Als op een materiaal wisselende krachten worden uitgeoefend zal het materiaal op een bepaald moment begeven.



Mechanische eigenschappen

Fysische eigenschappen

Fysische eigenschappen bepalen het natuurkundig gedrag van een materiaal. Ze hebben meestal te maken met de omgeving waarin het materiaal zich bevindt. Denk bijvoorbeeld aan uitzetting door warmte. Voorbeelden van fysische eigenschappen zijn:

- **Smeltpunt:**
De temperatuur waarbij een vast materiaal vloeibaar wordt door verwarmen en stolt bij afkoeling. Veel stoffen hebben geen vast smeltpunt, maar een smelttraject.
- **Soortelijke massa:**
De massa (het gewicht) van een stof. Ook wel dichtheid genoemd.
- **Lineaire uitzettingscoëfficiënt:**
De lengteverandering per graad temperatuurverandering.
- **Soortelijke weerstand:**
De elektrische weerstand van een materiaal.



Aansluitsnoer: stroomgeleiding en isolatie

Chemische eigenschappen

Chemische eigenschappen bepalen het scheikundig gedrag van een materiaal. Deze eigenschappen hebben te maken met de atoomstructuur en de chemische samenstelling van het materiaal. Enkele voorbeelden zijn:

- **Samenstelling:**
De elementen of chemische samenstelling waaruit een materiaal bestaat.
- **Corrosievastheid:**
De mate waarin een materiaal weerstand biedt tegen chemische of electro-chemische aantasting door stoffen in hun omgeving.



Accu: zuurbestendig

Technologische eigenschappen

De technologische eigenschappen bepalen de bewerkbaarheid en verwerkbaarheid van een materiaal. Enkele voorbeelden zijn:

- **Verspaanbaarheid:**
Hoe goed is een materiaal bijvoorbeeld te frezen, tappen, draaien, boren, vijlen of zagen.
- **Vervormbaarheid:**
De mate waarin materiaal een plastische vervorming kan ondergaan door bijvoorbeeld walsen, smeden, dieptrekken of buigen.
- **Lasbaarheid:**
De mate waarin twee materialen met elkaar verbonden kunnen worden door middel van smeltlassen of druklassen.
- **Gietbaarheid:**
Hoe goed is een materiaal bijvoorbeeld te zandgieten, spuitgieten of coquillegieten.



Is het materiaal verspaanbaar?

3. Onder welke soort materiaaleigenschappen valt het uitzetten van hoogspanningskabels ?



4. Onder welke soort materiaaleigenschappen valt veerkracht?

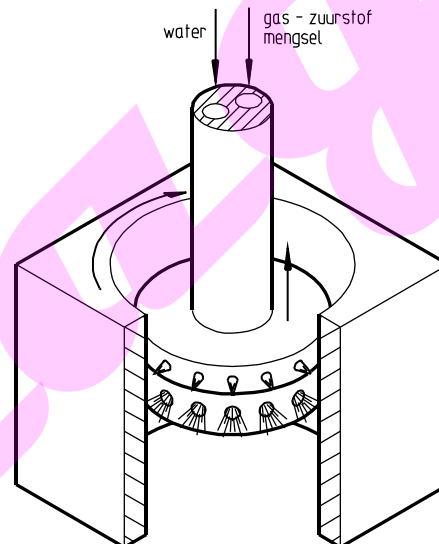


Veer

1.4 Beïnvloeding materiaaleigenschappen

Er zijn veel verschillende metaalsoorten. Je kunt de materiaaleigenschappen van bestaande metaalsoorten verbeteren. Bijvoorbeeld door:

- legeren
- een warmtebehandeling toepassen (bijvoorbeeld vlamharden)
- koudvervormen



Vlamharden van een boring

Er zijn meerdere redenen om de eigenschappen van metaal te verbeteren. Bijvoorbeeld:

- een grotere treksterkte
- een grotere slijtvastheid
- een grotere hardheid
- bescherming tegen corrosie
- een betere taaheid.



5. Waarom worden sommige autovelgen verchroomd?
Noem minimaal één reden.

1.5 Materiaalonderzoek

Voor het maken van staalconstructies, apparaten, machines of onderdelen worden technische materialen gebruikt. Deze materialen moeten voldoen aan de voorgeschreven eisen. Het is dus belangrijk dat de materialen worden onderzocht op bijvoorbeeld hardheid, taaheid, sterkte en duurzaamheid.

Dit materiaalonderzoek kun je verdelen in:

- destructief onderzoek
- niet-destructief onderzoek (NDO)

Destructief onderzoek

Bij destructief onderzoek treedt er beschadiging of vervorming van het materiaal op. Het onderzoek vindt plaats op proefstukken.

Tot de destructieve onderzoeksmethoden horen:

- de trekproef
- de hardheidsmeting
- de buigproef
- de kerfslagproef
- de vermoeiingsproef
- hardheidsmeting



Apparaat voor de kerfslagproef



Trekbank

Niet-destructief onderzoek(NDO)

Bij niet-destructief onderzoek (NDO) wordt het materiaal (in tegenstelling tot destructief onderzoek) niet beschadigd. Bij dit onderzoek is het mogelijk om verschillende mechanische eigenschappen, de microstructuur en samenstelling van het materiaal te bepalen.

Tot de niet destructieve onderzoeksmethoden horen:

- visueel onderzoek
- magnetisch onderzoek
- ultrasoon onderzoek
- wanddikte meting
- penetrant onderzoek



Bron: www.vincotte.com



© Rope Access Group

Ultrasoon onderzoek

Penetrant onderzoek

?

6. Waarom kiest men meestal voor niet-destructief onderzoek?

?

7. Welk materiaalonderzoek wordt bij jouw school of bedrijf uitgevoerd?

1.6 Samenvatting

- Technische materialen kun je verdelen in metalen en niet-metalen.
Metalen kun je verdelen in ijzerhoudende metalen en niet ijzer houdende metalen.
Niet metalen kun je verdelen in syntetische materialen en natuurlijke materialen.
- De keuze van het materiaal wordt bepaald door de functie die dat materiaal vervult.
Materiaaleigenschappen worden verdeeld in vier verschillende soorten:
 - mechanische eigenschappen
 - fysische eigenschappen
 - chemische eigenschappen
 - technologische eigenschappen
- Je kunt de materiaaleigenschappen van bestaande metaalsoorten verbeteren.
Bijvoorbeeld door:
 - legeren
 - een warmtebehandeling toepassen (bijvoorbeeld vlamharden)
 - koudvervormen
- Omdat materialen vaak niet direct aan de eisen voldoen, worden de materiaaleigenschappen aangepast en verbeterd. Het doel van het beïnvloeden van de materiaaleigenschappen kan bijvoorbeeld zijn:
 - een grotere treksterkte;
 - een grotere slijtvastheid;
 - een grotere hardheid;
 - bescherming tegen corrosie;
 - een betere taaiheid.
- Of het product aan de eisen voldoet, wordt van tevoren uitvoerig getest. Afhankelijk of het product wel of niet beschadigd mag worden maakt men een keuze uit:
 - destructief onderzoek
 - niet-destructief onderzoek.
- Tot de destructieve onderzoeksmethoden horen:
 - de trekproef
 - de hardheidsmeting
 - de buigproef
 - de kerfslagproef
 - de vermoeiingsproef
- Tot de niet destructieve onderzoeksmethoden horen:
 - visueel onderzoek;
 - magnetisch onderzoek;
 - ultrasoon onderzoek;
 - wanddikte meting;
 - penetrant onderzoek.

1.7 Antwoorden

Antwoord 1

Eigen invulling.

Antwoord 2

Eigen invulling

Antwoord 3

Het uitzetten van hoogspanningskabels valt onder de fysische eigenschappen.

Antwoord 4

Veerkracht valt onder de mechanische eigenschappen.

Antwoord 5

Dit wordt gedaan om het mooiere uiterlijk en om roesten tegen te gaan.

Antwoord 6

Omdat je meestal niet wilt hebben dat het gemaakte product beschadigd of kapot gemaakt wordt.

Antwoord 7

Eigen invulling

2 Staalsoorten

Inleiding

Iedereen kent staal als belangrijk constructiemetaal. Staal voor carrosserieplaat, voor profielen, enzovoort.

Staal kun je in vele vormen kopen, zoals blik, staf- en bandmateriaal, profielen, staf- en plaatstaal.

In de catalogi van staalleveranciers zie je een grote verscheidenheid aan producten. De diverse staalsoorten worden volgens normen ingedeeld naar toepassing en naar chemische samenstelling.



Stalen spanten op transport

Leerdoelen

Je kunt:

- de hoofddeling van staalsoorten benoemen;
- de toepassing en samenstelling van verschillende staalsoorten benoemen;
- in een tabellenboek de materiaaleigenschappen en samenstelling van verschillende staalsoorten opzoeken.

2.1 Indeling staalsoorten- en kwaliteiten

De diverse staalsoorten en staalkwaliteiten worden aangeduid volgens deel 1 van norm NEN-EN 10027. Binnen deze norm bestaan twee hoofdgroepen voor de aanduiding van staalsoorten:

- Groep 1: indeling naar toepassing en materiaaleigenschappen
- Groep 2: indeling naar chemische samenstelling.

Materiaaleigenschappen zijn bijvoorbeeld de treksterkte en de buigweerstand. De chemische samenstelling betreft de belangrijkste stoffen in het materiaal.

Beide materiaalaanduidingen maken gebruik van een combinatie van cijfers en letters.



1. Zoek in je tabellenboek de volgende staalsoorten op.
Noem de mechanische eigenschappen of de chemische samenstelling van elke staalsoort.

S275

20AlCu10-5

X10CrNi18-8

2.2 Staal ingedeeld naar toepassing en materiaaleigenschappen

Volgens groep 1 wordt staal ingedeeld naar toepassing en materiaaleigenschappen. We kennen:

- constructiestaal
- machinestaal
- gereedschapsstaal.

Constructiestaal

Constructiestaal wordt toegepast voor plaatmateriaal, staven en profielen zoals I- en U-balken.

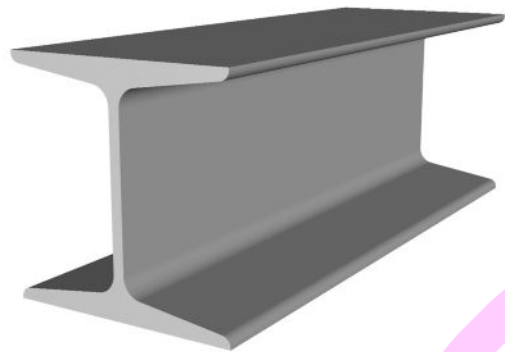
Veel gebruikte staalsoorten zijn S235, S275 en S355.

Het koolstofgehalte varieert van 0,1-0,3% C;

De treksterkte is 340-500N/mm².

Constructiestaal heeft de volgende kenmerken:

- laag koolstofgehalte
- relatief zacht materiaal
- grote rek
- goed koud en warm te vervormen
- goede lasbaarheid (zonder bros/hard te worden).



Constructiestaal

De chemische samenstelling is erg belangrijk, omdat deze de eigenschappen van het materiaal bepaalt.

De chemische samenstelling is afhankelijk van de toepassing.

In de volgende tabel staan de maximale percentages van legeringselementen die aan S235, S275 en S355 kunnen zijn toegevoegd:

Staal-soort	Max. % C	Max. % Mn	Max. % P	Max. % S	Max. % Si
S235	0,22	1,60	0,05	0,05	0,05
S275	0,25	1,60	0,04	0,05	0,05
S355	0,23	1,60	0,05	0,05	0,05

De staalsoorten S235, S275 en S355 ontlelen hun naam aan de vloeigrens. De vloeigrens is één van de belangrijkste mechanische eigenschappen van staal. Het is het punt waarop het materiaal begint te vloeien, oftewel: de minimale spanning die nodig is om het materiaal plastisch te vervormen.

De vloeigrens wordt bepaald met een trekproef. De plaatbewerker kan hiermee de minimale spanning bepalen die nodig is om het materiaal om te vormen. De constructeur kan bepalen welke spanningen de constructie of het materiaal kan verdragen, voordat er ongewenste vervorming optreedt.

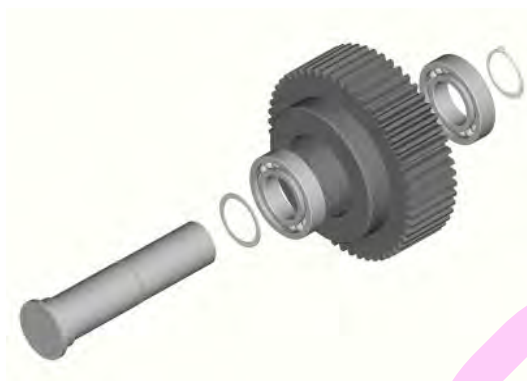
De treksterkte en vloeisterkte zijn af te lezen in een spannings-rekdiagram. In de volgende tabel zijn de waarden gegeven:

Staalsoort	Vloeigrens in N/mm ²	Max. treksterkte in N/mm ²
S235	235 N/mm ²	310 - 510 N/mm ²
S275	275 N/mm ²	370 - 530 N/mm ²
S355	355 N/mm ²	470 - 630 N/mm ²

Machinestaal

Machinestaal wordt toegepast voor tandwielen, assen en zwaarbelaste onderdelen. Het koolstofgehalte varieert van 0,3 - 0,6 % C. De treksterkte varieert tussen 500 en 850 N/mm².

Je kunt machinestaal onderverdelen bij de laaggelegeerde staalsoorten. Machinestaal heeft tussen de 1,5% en 5% aan legeringselementen. Bijvoorbeeld chroom, vanadium, nikkel en molybdeen.



Machinestaal kan worden verhard en veredeld. Bij het harden treden hardingsverschijnselen op. De staalsoort is:

- sterker en harder dan constructiestaal
- goed te verspanen
- moeilijk te vervormen (koud niet mogelijk, warm beperkt).

Gereedschapsstaal

Gereedschapsstaal is zeer sterk, hard en taai. Aan gereedschapsstaal wordt chroom (Cr), vanadium (V), nikkel (Ni), mangaan (Mn), wolfraam (W) en/of molybdeen (Mb) toegevoegd. Gereedschapsstaal wordt verdeeld in drie categorieën:

- staal voor slag- en stootgereedschap
- staal voor snijgereedschap
- staal voor meetgereedschap.



Gereedschapsstaal

Staal voor slag- en stootgereedschap

Staal voor slag- en stootgereedschap wordt bijvoorbeeld gebruikt voor hamers en koudbeitels. Het koolstofgehalte varieert tussen 0,6 - 0,9 % C. Het materiaal wordt vrijwel altijd gehard.



Staal voor slag- en stootgereedschap

Staal voor snijgereedschap

Staal voor snijgereedschap wordt uitsluitend gebruikt voor bewerkingen met lage snij snelheden (tappen, ruimers, vijlen). Het koolstofgehalte varieert tussen 0,9 - 1,2 % C. Het materiaal is altijd gehard.



Staal voor snijgereedschap

Staal voor meetgereedschap

Staal voor meetgereedschap wordt bijvoorbeeld gebruikt voor kalibers. Het koolstofgehalte ligt tussen 1,2 - 1,5 % C. Het materiaal is altijd gehard.



Staal voor meetgereedschap

2. Wat bepaalt in grote mate de eigenschappen van ongelegeerd staal?

3. Wat is het koolstofgehalte van constructiestaal S235?

2.3 Staal ingedeeld naar chemische samenstelling

Volgens groep 2 wordt staal ingedeeld naar chemische samenstelling.

We kennen:

- ongelegeerd staal
- gelegeerd staal:
 - laaggelegeerd staal
 - hooggelegeerd staal.

2.4 Ongelegeerd staal

Een staalsoort hoort bij de ongelegeerde staalsoorten wanneer bepaalde grenswaarden van legeringselementen niet overschreden worden (maximaal 1,5% met uitzondering van koolstof). Mangaan (Mn) en silicium (Si) worden veel gebruikt als legeringselementen. Ze vergroten de sterkte en hardheid van het materiaal (net als koolstof).

Daarnaast zijn silicium en mangaan een bijproduct van het staalbereidingsproces. Silicium wordt gebruikt om zuurstof aan het staal te onttrekken. De eigenschappen worden in hoofdzaak bepaald door het koolstofgehalte. Mangaan wordt bij de staalfabricage gebruikt voor het ontzwavelen van het staalbad, met als gevolg dat het vrijwel altijd in staal wordt aangetroffen. Mangaan geeft een roosterversteviging in het ferriet.

Koolstof komt in staal uitsluitend voor in de chemisch gebonden vorm van ijzer-carbide of cementiet, (Fe_3C). Staal is daarom in feite een mengsel van ijzer en cementiet. IJzer is zacht en taai. Cementiet is zeer hard en slijtvast. Het koolstofgehalte in ongelegeerd staal geeft aan hoeveel koolstof in het staal aanwezig is.

Als het koolstofgehalte in staal toeneemt, wordt:

- de treksterkte groter
- de hardheid groter
- de brosheid groter
- de hardbaarheid groter
- de taaiheid kleiner
- de rek kleiner
- de smeedbaarheid minder
- de lasbaarheid minder.

Kwaliteitsaanduiding NEN-EN 10027

Opbouw van de kwaliteitsaanduiding van constructiestaal volgens NEN-EN 10027.



Symbol	Betekenis	Toepassing
S	Structural	Constructiestaal, incl. fijnkorrelige soorten
P	Pressure	Drukvalen
E	Engineering	Algemene machinebouw
L	Line pipe	Transportleidingen(buizen)

De drie-cijferige combinatie staat voor de minimale rekgrens in N/mm^2 . In dit voorbeeld is de minimale rekgrens 355 N/mm^2 .

Eis kerfslagproef

J	27 Joule
K	40 Joule
L	60 Joule