

TEKNISKE DATA FOR GRÅJERN ANVENDT I ALMINDELIGE MASKINKONSTRUKTIONER

GRÅJERN ANVENDT I ALMINDELIGE KONSTRUKTIONER

Støbejern fremstilles i en lang række kvaliteter, som kan inddeles i 3 kategorier:

- * støbejern med flage- eller lamelgrafit (gråjern)
- * støbejern med kuglegrafit (SG-jern)
- * specielle jern typer, som egner sig til konstruktioner med krav til varme-, slid- og korrosionsbestandighed.

Dette datablad omhandler udelukkende gråjernstyperne. Brochuren er udarbejdet for at hjælpe konstruktører, ingeniører og indkøbere til at vælge den bedst egnede type til en given konstruktion. For at sikre et korrekt valg skal der tages hensyn til de krævede fysiske og mekaniske egenskaber. Værdierne for de forskellige egenskaber er baseret på måleresultater af repræsentative standardprøver, udtaget fra separat støbte prøver, som for gråjerns vedkommende er prøvestave med 30 mm diameter.

Metallurgi – gråjern

Det grundlæggende princip ved fremstilling af støbegods af gråjern er, at den kemiske sammensætning kun spiller en underordnet komplementær rolle for dannelse af materialestrukturen. Den anden, og vigtigere faktor, er massen, d.v.s. godstykkelsen og dens indflydelse på kølehastigheden. For normalt støbejern, som køler langsomt, dannes i tykke sektioner en grov og åben struktur med lav styrke, hvorimod tynde sektioner med hurtig køling opnår en hård, skør og ubearbejdelig struktur. For fremstilling af hver type jern smeltes en hensigtsmæssig blanding for at opnå et basisjern med kendte afkølingsforhold. I metallurgiske vendinger kan jernet betragtes som "underkølet", hvilket betyder, at det, hvis det fik lov til det, ville størkne i metastabil tilstand som hårdt hvidt jern. Smelten tilsættes en nøje beregnet mængde "podemiddel" for at modificere den i et forudbestemt omfang. Denne podeproces medfører, at jernet størkner som letbearbejdeligt gråjern med meget forbedrede mekaniske og fysiske egenskaber. Smeltet metal med en kendt grad af underkøling tilsættes med andre ord en forudbestemt mængde "podemiddel" for at opnå en bestemt struktur for hver type relateret til godstykkelse og kølehastighed.

Hensigten med sådanne procesformer er fremstilling af mikrostrukturer i godset, som generelt består af korte, kraftige grafitflager i en helt perlitisk grundmasse uden uønskede mikropartikler som f.eks. jernfosfid og cementit.

I gråjernstyper med høj brudstyrke forekommer ingen fri ferrit, en blød bestanddel med lav styrke. Ferrit findes i typerne EN-GJL-200 og EN-GJL-150 men i relativt små mængder.

Støbegodset har en ensartet, tæt, finkornet struktur uden grove korn i svære sektioner og hårde, hvide kanter

Processtyring

Smeltens sammensætning i forhold til støbegodsets størrelse og dimensioner samt de ønskede fysiske egenskaber kan måles. Der anvendes statistiske processtyringsprincipper så man undgår, at en personlig vurdering ligger til grund for bedømmelsen af processtyringsniveauet.

Støbepåideligheden måles ud fra hvor jævnt styrkeværdierne ligger indenfor de givne standarder. Det er hensigten, at fejlene skal forebygges under produktionen, frem for at kassable emner må sorteres fra ved slutkontrollen.

Alle væsentlige processer kontrolleres og hvor det er muligt anvendes instrumenter til kontrol af nøjagtigheden af alle variabler. Som eksempler kan nævnes pyrometre, målelære for kerne-, form-, og støbedimensioner, prøver til jernets flyde- og støbeevne, samt standardprøver til måling af overfladebeskaffenhed.

Til slut udføres en nøje kontrol af den færdige støbning. Ved hjælp af ultralyd kan man få et varsel om evt. fejl på et tidligt tidspunkt, hvorved man undgår, at fejlbehæftet gods sendes ud til kunderne.

Typiske mikrostrukturer for gråjern



EN-GJL-200



EN-GJL-350

Trækbrudstyrke i forhold til godstykkelse

Ca.værdier i forhold til godstykkelse						
TYPE	Trækbrudstyrke ¹ i separat støbt prøvestav Ø 30 mm ² min.	Gods- tykkelse ⁽²⁾ mm		Trækbrudstyrke for påstøbt prøvestav N/mm ² min.	Forventede mindsteværdier i godset ³	
		fra	til		Trækbrud- styrke N/mm ² min.	Brinell hårdhed HB 30 max.
EN-GJL-150	150	2,5	5	-	210	250
		5	10	-	180	225
		10	20	-	140	205
		20	40	-	120	185
EN-GJL-200	200	2,5	5	-	240	270
		5	10	-	220	245
		10	20	-	190	220
		20	40	180	170	200
EN-GJL-250	250	5	10	-	275	270
		10	20	-	240	250
		20	40	230	220	230
		40	80	210	200	215
EN-GJL-300	300	10	20	-	290	260
		20	40	280	265	240
		40	80	250	235	260
		80	150	230	210	215
		150	300	210	190	205
EN-GJL-350	350	15	20	-	340	275
		20	40	320	310	260
		40	80	300	275	240
		80	150	275	250	225
		150	300	250	225	215

For yderligere specifikationer henvises til standard EN-1561.

Bemærkninger:

1. De angivne værdier er opnået ved 30 mm Ø, as-cast fremstillede prøvestænger, separat støbt i forhold til godset de refererer til. Testværdierne repræsenterer derfor kun kvaliteten af det jern, som godset er støbt af.
2. Anbefalet godstykkelse med fremhævede tal.
3. Hvis garanterede egenskaber kræves i godset, skal dette forhandles og aftales specielt.

Konstruktionsoplysninger	
Egenskab	Max. tilladelig konstruktionsspænding
Direkte spænding	25% af trækbrudstyrken
Direkte tryk	80% af 0,1%-grænsen for trykspænding
Udmattelse	33% af udmattelsesgrænsen

Typiske mekaniske og fysiske egenskaber

TYPE	Sym-bol	Enhed	EN-GJL-150	EN-GJL-200	EN-GJL-250	EN-GJL-300	EN-GJL-350
Trækbrudstyrke ²	R _m	N/mm ²	150-250	200-300	250-350	300-400	350-450
0,1%-spænding	R _{p0,1}	N/mm ²	98-165	130-195	165-228	195-260	228-285
Brudforlængelse	A	%	0,8-0,3	0,8-0,3	0,8-0,3	0,8-0,3	0,8-0,3
Trykbrudsstyrke	σ _{dB}	N/mm ²	600	720	840	960	1080
0,1%-spænding ved tryk	σ _{d0,1}	N/mm ²	195	260	325	390	455
Bøjestykke	σ _{bB}	N/mm ²	250	290	340	390	490
Forskydningsstyrke	σ _{aB}	N/mm ²	170	230	290	345	400
Torsionsstyrke	τ _{tB}	N/mm ²	170	230	290	345	400
Elasticitetsmodul ³	E _o	kN/mm ²	100	115	125	135	140
Poissons tal	ν	-	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Brinell hårdhed	HB 30	-	160-190	180-220	190-230	200-240	210-250
Udmattelses-grænse	Bøjning frem og tilbage ⁴	σ _{bW}	70	90	120	140	145
	Træk-tryk ⁵	σ _{zdW}	40	50	60	75	85
Brudsehøjde	K _{IC}	N/mm ^{3/2}	320	400	480	560	650
Massefylde	ρ	g/cm ³	7,10	7,15	7,20	7,25	7,30
Specifik varme 20 til 200 °C 20 til 600 °C	c	J/(kg·K)			460 535		
Koefficient for termisk udvidelse -100 til +20 °C 20 til 200°C 20 til 400 °C	α	1/(10 ⁶ ·K)			10,0 11,7 13,0		
Termisk varmeledning 100 °C 200 °C 300 °C 400 °C 500 °C	λ	W/(m·K)	52,5 51,0 50,0 49,0 48,5	50,0 49,0 48,0 47,0 46,0	48,5 47,5 46,5 45,0 44,5	47,5 46,0 45,0 44,0 43,0	45,5 44,5 43,5 42,0 41,5
Elektrisk resistivitet	ρ	Ωmm ² /m	0,8	0,77	0,73	0,70	0,67

Bemærkninger:

- De angivne værdier gælder for separat støbte prøvestave, Ø 30 mm ved rumtemperatur 20°C.
- Se foregående tabel vedrørende godstykkelser.
- De angivne modulværdier er E_o værdier målt ved tangenten gennem nulpunktet af stress/strain kurven.
- Ved tilnærmelse $\sigma_{bW} \approx 0,35$ til $0,50 \cdot R_m$ (c)
- Ved tilnærmelse $\sigma_{zdW} \approx 0,53$ $\sigma_{bW} \approx 0,26 \cdot R_m$ (c)
Torsionsudmattelsesstyrke $\tau_{tW} \approx 0,42 \cdot \tau_{tB}$ (c)

Kort beskrivelse af gråjernstyper samt typiske anvendelsesområder

EN-GJL-150

Strukturen er perlitisk/ferritisk og uden kanthårdhed, hvilket gør denne type specielt egnet til meget små dele med godstykkelse ned til 2,5 mm. På grund af sin ringe hårdhed er type EN-GJL-150 let at bearbejde og derfor velegnet, når bearbejdelighed er det overordnede krav, f.eks. ved high-speed bearbejdning i automatiske maskiner.

Typisk anvendelse:

Små ventiler, indsats i lejer, huse til vægte, dele til skrive- og symaskiner etc.

EN-GJL-200

Denne kvalitet anvendes normalt til mindre detaljer med en godstykkelse over 5 mm. Den har en udmærket flydbarhed, ingen tendens til hårde kanter og en fin struktur med små mængder ferrit og er derfor let at bearbejde. Der er minimal forskel i strukturen fra leverance til leverance, hvilket er vigtigt ved bearbejdning med programmerede maskiner. Det kombinerer forbedret styrke og tæthed med bedre egenskaber i maskinværkstedet end normalt gråt støbejern.

Typisk anvendelse:

Huse til elektriske motorer, gearhuse, skjolde, konsoller, manifold o.s.v. Det er velegnet til alle størrelser fra mindste seriedetalje til store detaljer.

EN-GJL-250

Udnyttes optimalt til små og mellemstore emner med godstykkelse over 10 mm. P.g.a. sin gode bearbejdelighed er EN-GJL-250 meget velegnet til masseproduktion i bilindustrien såvel som til små tryktætte hydraulikhuse.

Typisk anvendelse:

Dele til værktøjsmaskiner, transmissionshuse, pumpehuse, hydraulikhuse, mindre tandhjul, koblingskiver, bremsetromler, ventiler, etc.

EN-GJL-300

Dette er et almindeligt benyttet materiale, der forener god styrke, tæthed, (sejhed) og slidbestandige egenskaber sammen med god dæmpning og bearbejdningsegenskaber, der giver en fin struktur efter sidste spån. Dets perlitiske struktur garanterer et udmærket hærtningsresultat f.eks. på vangerne til værktøjsmaskiner. Dets ringe følsomhed overfor variationer i godstykkelse gør det ideelt for produktion af kompliceret tryktæt gods.

Typisk anvendelse:

Udmærket for anvendelse til vanger for værktøjsmaskiner, spindeldok og remskiver. Store pumpe- og turbinehuse, dele til dieselmotorer, store tand- og svinghjul, hydraulik-gods og ventiler, strålingskærme i atomreaktorer, o.s.v.

EN-GJL-350

Den perlitiske grundstruktur bevirker en meget høj styrke i et materiale, som er specielt egnet til store godstykkelser op til 500 mm. Overfladen kan bearbejdes til en meget fornem finish. Hærdeegenskaberne er fremragende. Type EN-GJL-350 anvendes i de fleste tilfælde, hvor der kræves et materiale med høj styrke og god bearbejdelighed, specielt i kraftige sektioner, hvor det garanterer tæt og stabilt gods.

Typisk anvendelse:

Kraftige fundamentter til store værktøjsmaskiner, presseværktøjer og stativer, slæder og tandstænger, borepatroner og opspændingsværktøjer, tryk- og trækskiver, cylindre og cylinderforinger til dieselmotorer og kompressorer, high speed tandhjul, svinghjul, brolejer, etc.

Yderligere data

I en brochure af denne størrelse, er det umuligt at angive enhver fysisk eller mekanisk egenskab i detaljer. I de foregående specifikationer er angivet de egenskaber, som ofte som rutine måles af metallurger og ingeniører. Materialers opførsel og de belastninger, som de udsættes for, er desværre ikke altid en simpel og ukompliceret funktion af træk-, tryk- og slagstyrke etc. I det følgende behandles nogle af de mere usædvanlige karakteristika.

Dimensionstolerancer

En regel som ofte anvendes er, at dimensionstolerancen bør være ca. halvt så stor som det maximale svind for den pågældende jerntype.

Denne regel bør anvendes med stor forsigtighed, fordi den ikke gælder ved ekstremt store og komplicerede emner, hvor både godsstørrelsen, kompleksitet i udformning, forholdet mellem kærnemassen og jernet, varierende godstykkelse, jerntype, støbetemperatur og formemateriale spiller en stor rolle. Stabile formeteknikker ved anvendelse af furan- eller cementsand i stive og stabile formkasser resulterer i gods, som kan være underdimensioneret i forhold til modellen, således at det er nødvendigt at forøge både svind- og bearbejdningstillæg udover det normale.

Varmebehandling påvirker også dimensionerne. Hærdning, d.v.s. forandring fra perlit til cementit giver en negativ forandring i volumen. Udglødning, d.v.s. overgang fra perlit til ferrit giver på den anden side en positiv forandring i volumen. Det er ekstremt vanskeligt at forudsige godsets slutdimensioner med mindre fremstillingsprocessen er veldefineret.

Dimensionsstabilitet

Dimensionsstabilitet under drift er af største betydning for stort set alle maskinkomponenter, men især for optiske bænke, bearbejdningmaskiner, måleinstrumenter, etc. Målinger udført ved National Physical laboratory, i England, påviste følgende resultat for prøver af EN-GJL-350:

Behandling	Tid	Bevægelse
Støbt	28 måneder	Mindre end $3,3 \times 10^{-4}\%$
Afspændingsglødet	20 måneder	Mindre end $1,7 \times 10^{-4}\%$

Dæmpningsevne

Dæmpningsevne er den egenskab, som gør, at et materiale kan absorbere vibrationer. Med gråjern og dets kombination af stor dæmpningsevne og styrke har konstruktøren et meget anvendeligt materiale. Selv om det er muligt at angive dæmpningsevne i meget præcise termer m.h.t. energi eller amplitude-absorptioner, fastsat ved laboratorieforsøg, er det vanskeligt at gøre brug af denne information på en kvantitativ måde. Sammen med sejhed og slagsejhed hjælper dæmpningsevnen til med at forhindre indre spændinger i at opbygges og komme ud af kontrol. For bedre at forstå værdien af dæmpningsevnen kan man betragte en krumtap i en forbrændingsmotor. Hvis krumtappen er fremstillet af jern med stor dæmpningsevne kan amplituden af vibrationerne under drift lettere holdes indenfor materialets udmattelsesgrænse. Hvis samme krumtap var lavet af et materiale med samme styrke men med mindre dæmpningsevne, kunne der opbygges spændinger af en størrelse, som oversteg udmattelsesgrænsen for til sidst at ende med havari. Materialer med stor dæmpningsevne kan deformeres i større grad end Hooke's lov forudsiger, og uden at tage skade.

Der findes adskillige metoder for måling af dæmpningsegenskaber, men fælles for dem er, at udsætte emner for en kendt vibrationsstørrelse, hvorpå man så ved en eller flere cykler kan måle vibrationens formindskelse p.g.a. dæmpning.

Nedenstående tabel angiver dæmpningsevnen hos forskellige typer gråjern sammenlignet med nogle andre materialer.

Tallene angiver % af den energi, som tabes under første prøvecyklus ved en vriddningskraft på 150 N/mm²:

Blødt gråjern	40
EN-GJL-200, støbt	30
EN-GJL-350, støbt	22
EN-GJL-200, afspændingsglødet	26
EN-GJL-350, hærdet	32
EN-GJL-350, hærdet og anløbet	28
Kulstofstål 0,23%	8

Bemærk, at varmebehandling kan anvendes for at ændre grundstrukturen og dermed dæmpningsevnen for en bestemt jerntype. Afspændingsglødning mindsker dæmpningsevnen med ca. 20%. På den anden side øger en ferritglødning dæmpningsegenskaberne. Det samme er tilfældet ved hærkning til martensit, selv om evnen til at optage vibrationer mindskes, når strukturen anløbes og hærkningsspændingerne mindskes.

Tekniske data for spiraltandhjul i gråjern

En præcis styring af sammensætning og struktur er vigtig, hvis tandhjul skal have gode slidegenskaber samt fungere længe og driftssikkert. Det er nødvendigt at have et vist kendskab til tandhjultype og driftsbetingelser for at udnytte jernets egenskaber fuldt ud. Jern til tandhjul skal som regel være så hårdt som muligt samtidig med, at det er bearbejdeligt. Varmebehandling kan anvendes i specielle tilfælde. Meningen med alt dette er at give tandhjulskonstruktører kendskab til de mekaniske egenskaber af hver jerntype og yderligere en vurdering af materialets slidbestandighed, d.v.s. overfladens opførsel under driftsforhold samt styrke i forhold til tændernes facon. Disse specielle egenskaber er bestemt empirisk og bekræftet ved drift.

DBS-systemet, som anvendes til vurdering af materialer til tandhjul, blev oprindeligt udviklet af David Brown & Sons i England. British Standard Institution overtog teknikken, og mange konstruktører anvender i dag ofte den britiske standard som grundlag for beregning af tandhjul.

For de to konstruktionskriterier, grundlæggende bøj- og overfladespænding, er følgende værdier bestemt for adskillige perlitiske typer gråjern, såvel i støbt som varmebehandlet tilstand.

Svejsning af støbegods

Støbegods kan svejses med gas eller lysbue. Alle typer af støbejern, som indeholder grafit, har dog de samme problemer:

1. Opløsning af kulstof i fyldematerialet og dannelse af cementit.
2. Hærkning af den omkringliggende varmpåvirkede zone til martensit.
3. Revnedannelser i den svejste eller varmpåvirkede zone.

Ovenstående vanskeligheder kan overvindes ved forvarmning og langsom køling af godset og/eller ved at anvende en teknik med lille varmetilførsel. Smeltesvejsning med gas og anvendelse af støbejernstråd kan udføres med stor succes ved fyldning eller reparation af motorblokke, cylinderdæksler og maskindele i almindelighed, hvis godset forvarmes til 700- 800°C og holdes ved denne temperatur under svejsningen.

Overfladehærkning

Gråjernstyperne med tæt perlitisk struktur er lette at flamme-, induktions- eller laserhærde. Der kan opnås overfladehårdheder på mere end 500 Brinell til en dybde af 6 mm.

Hærkning over 6 mm øger risikoen for revner og kastning af godset. Inden Overfladehærkning bør følgende punkter iagttages:

1. Tyndvæggede emner bør have ekstra materialetillæg p.g.a. evt. kastning samt for at give plads til efterfølgende slibning.
2. Huller forårsager principielt vanskeligheder, og bør, hvis de ikke kan undværes, undersøges og helst ikke placeres nær godsets kanter.
3. Undgå design med for bratte overgange mellem tykt og tyndt gods.
4. Hvis fuld hårdhed også ønskes på godsets yderender, skal dette specificeres.
5. Vægge og ribber op mod overfladen, som skal hærdes, bør være så tykke, at de modstår spændinger fra hærkningen.
6. Spidse og skarpe vinkler, som f.eks. kilespor, bør undgås, da de virker som brudanvisere med revner til følge.

Typiske anvendelser: Glideflader på værktøjsmaskiner, oprulningsspoler ved wirefremstilling, ruller for båndtransportører, kontrolskiver til pakkemaskiner, etc.