

Det bedste smøremiddel til rustfri pulvermetal

-af Stud. Ing. Jens W. Gram

Grønstyrken af emner i rustfrit pulvermetal med forskellige typer smøremiddel, forskellig dosering af disse, og forskellig kornstørrelse er blevet undersøgt. Det viser sig at der er én klar vinder, og at varmpresning måske er fremtiden.

Indledning

I produktionen af rustfrie PM - emner er der store unødvendige omkostninger forbundet med at grønemnerne går i stykker inden de når til sintringsovn. Desuden er der emner, som må sorteres fra efter sintring, idet de har kantskader, som kan føres tilbage til mangel



Fig. 1a - Grønemne uden fejl



Fig. 1b - Grønemne med kantskade

på grønstyrke.

Hos Sintex a/s i Hobro kasseres der hvert år defekte grønemner for kr. 200.000, og desuden er der udgifter forbundet med sortering af emner. Nuværende smøremiddel – Metallub, handelsnavn for smøremiddel baseret på Zink-stearat - henvender sig primært til virksomheder med produktion af PM - emner i alm. stål, og besidder ikke den påkrævede bindeevne.

Endvidere ønskes der fra virksomhedens side at anvende et smøremiddel, som ikke indeholder zink, da man har store omkostninger i forbindelse med vedligeholdelse af ovne og udsugningsanlæg, idet der aflejres betydelige mængder zink i disse.

Eksperimentelle metoder

Materialer:

Til forsøgene er der anvendt vandatomiseret rustfrit pulver af typen 316L fra Höganäs med en størrelse $<150\mu\text{m}$. Iblandet metalpulveret er 6 forskellige smøremidler med dosering fra 0,5-1,25 vægt %. De anvendte smøremidler er: GS-lub, LB-1, Zn-stearat, Metallub, Kenolube, samt Acrawax. Smøremidlerne er undersøgt med FTIR & DSC-smeltepunktanalyse samt partikelstørrelsesfordeling målt med Malvern Mastersizer X.

Materiel:

Metalpulveret med smøremiddel er presset til prøvestænger i henhold til DS/EN ISO 2740:2000.[ref. 1]. Ved varmpresning er matricen samt pulveret forvarmet til $100\text{ }^\circ\text{C}$. Emnerne udstyret med unikke Id-numre er herefter målt, vejet og herefter knækket ved 3-punkts belastning i henhold til ISO 3995-1985 [ref.1]. Herunder ses et prøveemne placeret på prøvefiksturen (fig. 2a), samt emnet efter prøvningen (Fig. 2b).



Fig. 2a - Emnet hviler på testfikstur



Fig. 2b - Emnet er knækket, og kraften registreret

Under den destruktive materialeprøve, er den påtrykte kraft udlæst med frekvensen 10Hz, og den højeste belastning noteret. Resultatet for en bestemt parameter er målt som gennemsnittet af mindst 5 emners brudspænding. Endvidere er der foretaget slib og mikroskopanalyse af grønemner med GS-lub og Zn-stearat med almindeligt- og polariseret lys. Desuden er der fremstillet værktøj til varmpresning. Varmen tilføres presseværktøjet i matricen via 4 varmpatroner med en samlet effekt på 1 kW. Varmen styres af en reguleringsenhed Z126/6/10/N fra Hasco.

Resultater & diskussion

For at have overblik over resultater i forbindelse med forsøg med pulvermetal, viser det sig afgørende, at man har kendskab til forskellige egenskaber ved råmaterialerne.

For at overskueliggøre projektets forsøg, gennemgås parametrene nedenstående i kronologisk rækkefølge.

Metalpulveret skal være blødgjødnet, for at kunne kompakteres, det skal have en kendt størrelse. I indeværende arbejde er pulveret vandatomiseret, og har partikelstørrelser op til 150µm.

Smøremidler

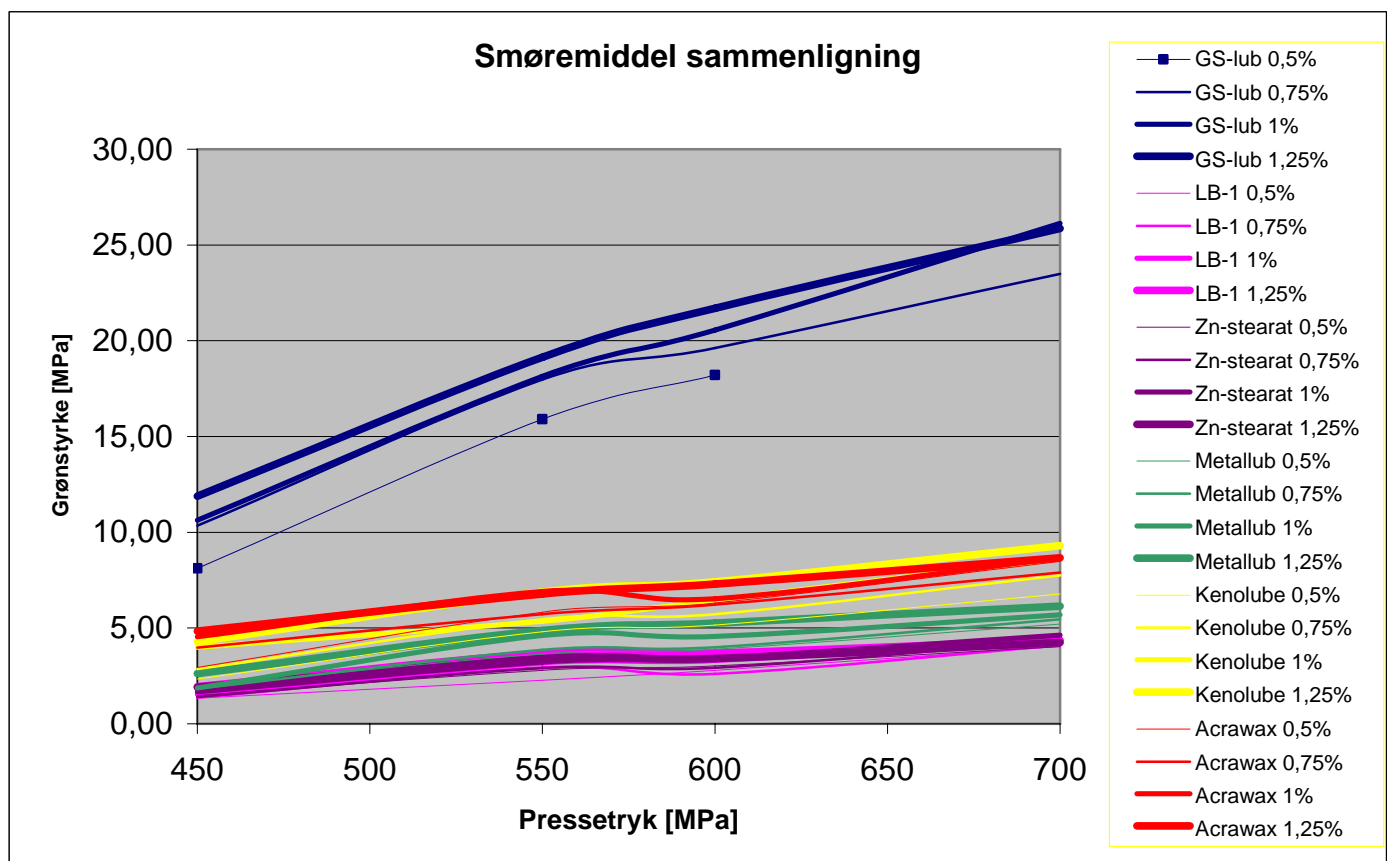
Der er til forsøget opstillet en forsøgsrække med 6 forskellige smøremidler. Smøremidlerne er undersøgt ved FTIR – materiale ID analyse, som viser at både LB1 & Metallub er handelsnavne for alm. zink-stearat. Da LB-1 blev analyseret først, er det af FTIR-softwaren valgt som reference ved FTIR – analysen af Metallub. Resultatet af FTIR & DSC-smeltepunkts-analysen ses på figur 3.

Grønstyrkeforsøg 1 – sammenligning af smøremidler

Handelsnavn	Smeltepunkt °C	Hovedbestanddel iht. FTIR	Match index	Pris i kr./kg
GS-lub	56 / 134	Polyamid-11	86,57	165
LB-1	119	Zn-stearat	87,64	x
Zn-stearat	117	Zn-stearat	87,43	x
Metallub	118	LB-1	99,64	33
Kenolube	67/102	N-2 Hydroxethylsteramid	89,11	x
Acrawax	140	N-2 Hydroxethylsteramid	89,17	26

Fig. 3 – Data for anvendte smøremidler

DSC-smeltepunktsanalysen viser at 4 af dem er velegnede til varmpresning; LB1, Zn-stearat, Metallub samt Acrawax. Da disse 4, på nær Acrawax, alle indeholder zink, er de på baggrund af problemstillingen ikke interessante. FTIR – analysen af GS-lub, som viser et match på PA-11 på 86 % er derimod meget interessant, da det muligvis kan erstattes af ren PA-11. GS-lub findes ikke længere til salg på markedet, og såfremt hovedbestanddelen af smøremidlet er PA-11, bør dette indkøbes i pulverform, og der skal opstilles forsøgsrækker, som skal dokumentere grønstyrken af emner med PA-11 som smøremiddel.



Figur 4 – Sammenligning af grønstyrke for de 6 smøremidler ved forskellige pressetryk.

*Det var ikke muligt at presse emner med 0,5 % GS-lub ved 700MPa, da emnet efter presning sad fast i matricen

Forsøget omfatter 480 emner, 6 smøremidler, 4 doseringer for hvert smøremiddel, og 4 forskellige pressetryk for hver blanding. Pressetryk på 550 MPa er det mest anvendte ved masseproduktion af emner, men i særlige tilfælde presses ved både 600 og endog 700MPa. Dog medfører et pressetryk på 700MPa ved en dosering af GS-lub på 0,5 %, at emnet sidder fast i matricen, hvorfor dette pressetryk ikke er anbefalelsesværdigt ved så lav en dosering af smøremiddel.

Det ses tydeligt af resultaterne, at GS-lub er smøremidlet med den højeste styrke. Endvidere ses det at grønstyrken af LB1, Metallub og Zn-stearat ligger meget tæt, hvilket bekræfter FTIR-resultaterne om at LB1 og Metallub er Zn-stearat med et additiv. Dette ukendte additiv har dog tilsyneladende ikke nogen voldsom positiv indflydelse på grønstyrken af emnerne.

Grønstyrken for emner med GS-lub er mere end 4 gange så stor som med det nuværende smøremiddel, og da selv en lav dosering af smøremidlet giver en meget høj grønstyrke, må den afgørende faktor ved valg af dosering være hensynet til slid på presseværktøj. Den smørende effekt af GS-lub kendes på nuværende tidspunkt ikke, og bør undersøges i en kendt opstilling, hvori man kender det nuværende slid.

Fyldningen af matricen viser sig forskellig for de forskellige blandinger, og en udskiftning af smøremiddel på produktionsniveau vil kræve en justering af presseværktøjet, således at emnets dimensioner overholder tolerancerne. [ref. 3]

Grønstyrkeforsøg 2 – Smøremidlets betydning for grønstyrken

For at undersøge, hvorvidt det er smøremidlets bindeevne, eller metalpartiklernes indbyrdes adhæsion, der giver en høj grønstyrke er et forsøg etableret, hvor forsøgsemner af ren 316L pulver presses ved 550MPa, og sammenlignes med ren GS-lub presset ved 293 MPa. Som reference anvendes 316L med 1 % GS-lub.

Resultaterne ses på figur 5.

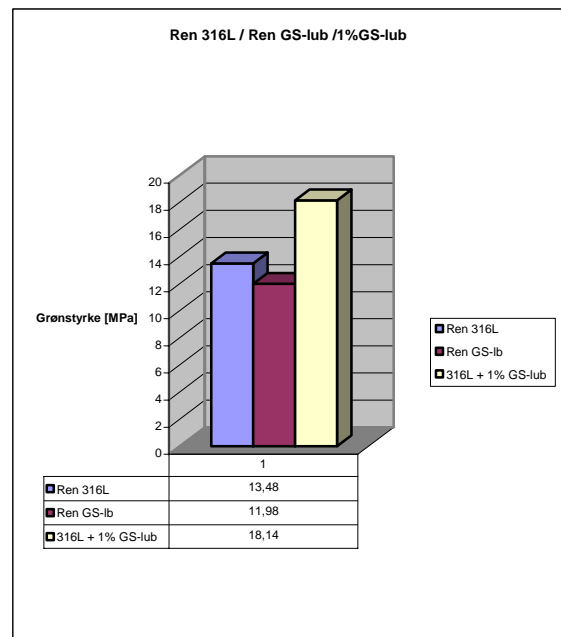


Fig. 5 – Smøremidlets betydning for grønstyrken

Forsøget viser at hverken ren 316L eller ren GS-lub vil opnå den samme styrke som en blanding af metalpulver og smøremiddel. Dette skyldes at smøremidlet udover at fungere som bindemiddel efter presningen, også - som navnet antyder – smører metalpulveret under presningen, og derved tillader at partiklerne pakkes i en tættere formation, før adhæsion stopper kompakteringen. Hvis man med denne viden endnu engang betragter resultaterne i figur 3, erfares det at kun GS-lub virker som bindemiddel efter presning. De resterende 5 smøremidler tjener umiddelbart kun som smøremiddel under presning, og bidrager til en lavere grønstyrke, sammenlignet med ren 316L

Grønstyrkeforsøg 3 – Partikelstørrelsens betydning

Når GS-lub udover at fungere som smøremiddel, også tjener som bindemiddel, må det have betydning hvordan fordelingen af smøremidlet i grønemnet er. Et slib i et grønemne viser (Fig.6b) hvorledes GS-lub usigtet er fordelt i et grønemne.

Mikroskopforstørrelserne bekræfter at der mellem metalpartiklerne findes smøremiddel.

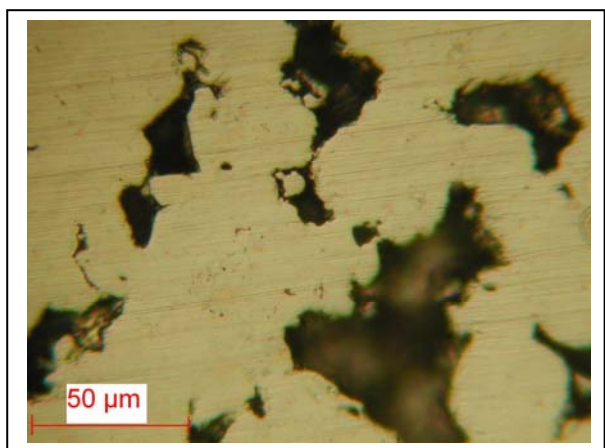


Fig. 6a – 316L + GS-lub vist i almindeligt lys



Fig. 6b – 316L + GS-lub vist i polariseret lys

På figur 6a ses det, at der mellem metalpartiklerne er ”huller”, og det er ikke muligt at se om det er luft eller smøremiddel, der fylder hullet ud. Anderledes ser det ud i polariseret lys, hvor hullerne nu lyser op, hvilket indikerer at de er fyldt ud med smøremiddel

Da partiklerne ligger i en rumlig konfiguration, kan det være vanskeligt at danne sig et indtryk af smøremidlets fordeling i et grønemne, og derfor er der på figur 7 skitseret en model af den fordeling af smøremidlet, der giver den mest optimale struktur i grønemnet.

En optimal fordeling vil være som vist på figur 7, hvor smøremiddelpartiklerne er små i

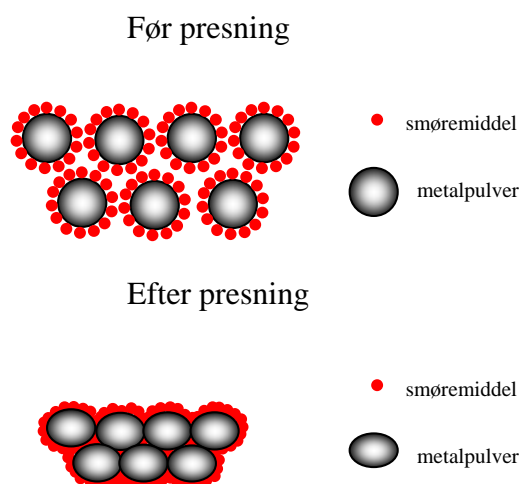


Fig. 7 – den optimale fordeling af smøremiddel før & efter presning

forhold til metalpartiklerne, og derved får mulighed for at lægge sig tæt op ad metalpartiklerne. For at opnå denne fordeling af smøremiddel, er smøremidlet sigtet til $45\mu\text{m}$, og der er herefter opstillet en forsøgsserie med emner presset i 2 serier – en serie fremstillet af 316L + 1 % GS-lub med partikelstørrelse $<45\mu\text{m}$, og en serie fremstillet af 316L + 1 % GS-lub med partikelstørrelse $>45\mu\text{m}$. Mht. pulverets flydeevne, kunne der ikke umiddelbart registreres nogen nævneværdig forskel på de to blandinger, men grønstyrketesten viste at der var en lille forskel.[ref. 6]

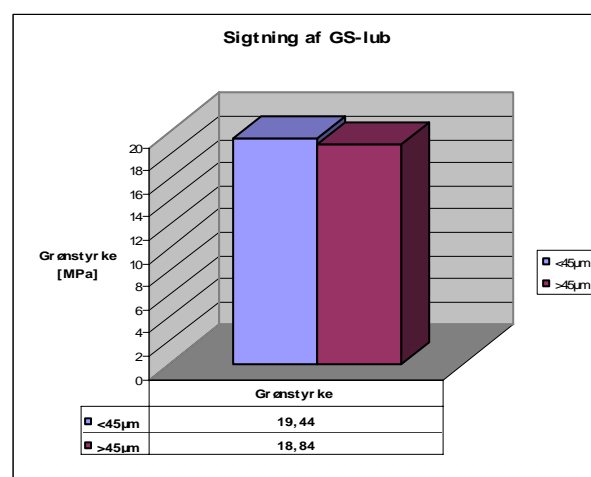


Fig. 8 – grønstyrkesammenligning $<45\mu\text{m}/>45\mu\text{m}$

Det viser sig at en sigtning af GS-lub forøger grønstyrken, men kun marginalt, så i en industriel sammenhæng vil det kun blive aktuelt, såfremt grønstyrken på emner i 316L + GS-lub(usigtet) ikke er tilstrækkelig, eftersom det vil fordyre smøremidlet hvis det skal sigtes før blanding. Et forsigtigt bud på resultatet af en udskiftning af nuværende smøremiddel til GS-lub vil være en reduktion af kasserede grønemner på 50 %, idet ikke alle skader er komplette brud på emnerne, men også kantskader, som er ekstremt svære at undgå, da materialet er meget sårbart på skarpe kanter – uanset hvilket smøremiddel der anvendes. [ref. 5]

Grønstyrkeforsøg 4 – varmpresning med Acrawax

Da GS-lub som tidligere nævnt ikke længere er tilgængelig på markedet, må der findes alternative måder, hvorved en høj grønstyrke kan opnås. En mulighed er varmpresning, hvor man har forvarmet pulverblandingen, samt presseværktøjet. Dette kræver at der i presseværktøjet er monteret et- eller flere varmelegemer, som kan opvarme matricen, over- og understempel til den ønskede temperatur. Endvidere må der nødvendigvis anvendes et til formålet velegnet smøremiddel. Acrawax har et smeltepunkt på 140 °C, og indeholder ikke Zn, hvilket medfører at der ikke efterlades restprodukter – hverken i emnerne eller i ovnene. Disse to faktorer gør at de grundlæggende krav til smøremidlet er opfyldt. Endvidere er prisen på Acrawax lavere end prisen på Metallub, og en udskiftning vil medføre en årlig besparelse i materialer på kr. 10.500.-

De mekaniske tests viser at grønstyrken kan øges med op til 40 % ved presning ved 100 °C i stedet for ved 20 °C. Dette vil dog medføre udgifter i forbindelse med montering og drift af varme i presseværktøjerne, og må derfor ses som en nødløsning, såfremt det ikke lykkes at finde en erstatning for GS-lub.

Et forsigtigt bud på en reduktion af mængden af kasserede grønemner ved varmpresning af Acrawax vil være 20 %, idet kantskader sandsynligvis stadig vil være et problem, og fordi

det ikke vides om der til tider opstår spændinger større end dem, der forårsager at de nuværende produktionsemner beskadiges. [ref.5]

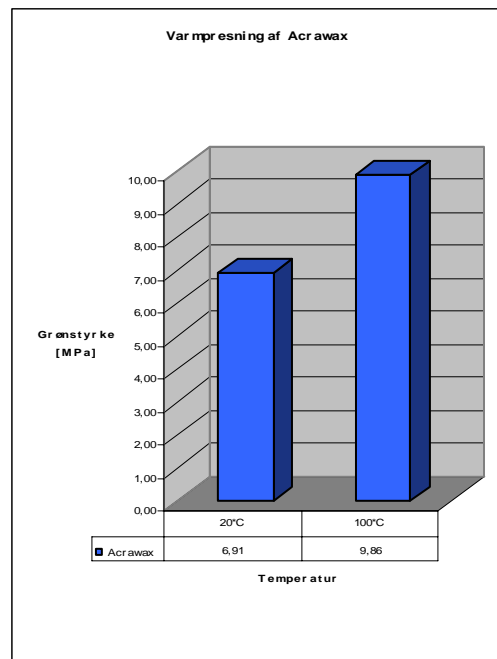


Fig. 9 – forskel i grønstyrke ved kold- og varmpresning med Acrawax

Konklusion

På baggrund af forsøgene, må det konkluderes, at GS-lub er det mest velegnede smøremiddel til opgaven. I specielle tilfælde, hvor grønstyrken skal øges yderligere, kan en sigtning af smøremidlet til $<45\mu\text{m}$ have en positiv effekt. GS-lub efterlader ikke Zn-aflejringer i ovne og udsugningssystemer, men man bør i indkøringsperioden være særlig opmærksom på om der er forøget slid af presseværktøj, idet denne parameter ikke er blevet undersøgt i denne analyse. Det anslås, at der ved udskiftning af Metallub til GS-lub vil være en årlig besparelse af kasserede grønemner på kr.:100.000,-. Denne besparelse skal vejes op imod den højere kostpris for GS-lub, samt evt. forøget værktøjsslid. Det er imidlertid et problem, at smøremidlet ikke længere findes til salg på markedet, og der må derfor gennemføres en mere præcis analyse af produktet, så bestanddelene kan bestemmes, med henblik på at lave et tilsvarende produkt. Hvis dette ikke er muligt, må det anbefales at anvende Acrawax, og presse ved en temperatur på 100 °C. Dette vil give en forøgelse af grønstyrken i forhold til i dag på 40 %, og det anslås at mængden af skrøttede grønemner kan reduceres med 20 %. Det vil give en årlig besparelse på kr.:40.000,-

Da Acrawax er billigere end Metallub, og det ikke vil kræve udskiftning af presseværktøjer, vil det være anbefalelsesværdigt at udskifte nuværende smøremiddel med Acrawax, og fortsætte med at presse ved rumtemperatur. Udskiftningen vil medføre en lille reduktion i antallet af beskadigede grønemner, og smøremidlet efterlader ingen restprodukter, bl.a. zink, i emnerne eller i ovnene. Desuden vil en udskiftning medføre en årlig besparelse af materialer på kr.10.500,-

Fremtidige aspekter

I FTIR-analysen, viser GS-lub et match i forhold til Polyamid-11 på 86,57 %, hvilket giver anledning til at man bør undersøge, hvorvidt det er muligt at fremskaffe PA-11 som pulver med en partikelstørrelse $<45\mu\text{m}$. Dernæst må en forsøgsserie med forskellige pres-

setryk og doseringer opstilles, og grønstyrke fastslås. Slutteligt bør kravet til en nedre grænseværdi for grønstyrke undersøges, således at man har specifikke styrkekrav at vælge smøremiddel ud fra, og samtidig minimere pressetrykket, og dermed slid på værktøjet.

Referenceliste:

¹ DS/EN ISO 2740:2000

² ISO 3905-1985

³ Grundfos laboratorium, Bjerringbro

⁴ U.S. Patent : 2002, Warm compaction of steel powders

⁵ Optimeringsudvalg, Sintex a/s

⁶ Samtale med Peter Kjeldsteen