

JERNKONTORETS FORSKNING

Serie	Nr	Datum	Forskningsuppgift nr
D	791	2002-11-11	80091

(TO 80-55)

TEKNIK-, MILJÖ- OCH EKONOMIUTVÄRDERING AV INJEKTOROK

Av Sören Segerberg

Nyckelord: pulvermetallurgi, sinterstål, injektorok, LCA-analys, WEST-analys, teknikutvärdering, miljöutvärdering

SAMMANFATTNING

Se sidan 3.

Teknik-, miljö- och ekonomiutvärdering av injektorok

Rapporten ingår i Delprojekt 5 inom VAMP 17
– Sintrade komponenter med hög densitet



Sören Segerberg
IVF Mölndal

Förord

Denna skrift är ett delresultat från projektet ”Sintrade komponenter med hög densitet”, VAMP 17. Rapporten ingår i delprojekt 5 ”Teknik- miljö- och ekonomiutvärdering”. I delprojektets forskningskommitté ingår:

Claes Kyleneștierna	Volvo Lastvagnar AB
Sigurd Berg	Höganäs AB
Katarina Edlund, LCA-specialist	Höganäs AB
Anna Karin Jönbrink, LCA-specialist	IVF
Jan-Olof Krona	Callo
Sören Segerberg	IVF
Pauli Sildeus	AB SKF

Anknytande publikationer

IM-rapport

Gasuppkolning av sinterstål - Litteraturstudie, förslag till enkel beräkningsmodell samt inledande experiment. IM-1999-043/JK D 766 (TO80-47)

IVF-skrifter

Uppkolning av sinterstål – litteraturstudie. IVF-skrift 99834/JK D 767 (TO80-48)

Kylning av sinterstål. IVF-skrift 99835/JK D 768 (TO80-49)

Uppkolning och kylning av sinterstål. IVF-rapport 02005/JK D 790 (TO80-54)

Energibesparing genom bättre materialutnyttjande. IVF-skrift 84813

Innehållsförteckning

Sammanfattning		3
1	Teknikutvärdering	4
1.1	Injektoroket	4
1.2	Tillverkningsgång	6
1.3	Injektorokets hållfasthet	11
1.4	Bättre materialutnyttjande	11
1.5	Leverantörer	11
2	Miljöutvärdering	13
2.1	LCA-analys	13
2.1.1	Systemgränser	13
2.1.2	Funktionell enhet	14
2.1.3	Miljöaspekter	15
2.1.4	Jämförelse mellan de båda tillverkningsmetoderna	16
2.1.5	Värdering och sammanfattning	17
2.2	WEST-analys	17
3	Ekonomiutvärdering	21

Sammanfattning

På dieselmotorer trycks insprutningsmunstycket fast med hjälp av ett injektorok. Idag tillverkas injektoroket utgående från ett smitt ämne. Syftet med denna studie är att undersöka möjligheten att använda sinter teknik och analysera vilka effekter det har på teknik, miljö och ekonomi.

Genom att tillverka injektoroket i sinterstål så minskas antalet tillverkningssteg i och med att det inte krävs någon efterföljande bearbetning, förutom trumling. Detta har underlättats genom att Höganäs AB utvecklat ett sinterstål, Astaloy CrM, som har en hög hårdbarhet. Den höga hårdbarheten har man nått genom användning av Cr som är ett prisbilligt alternativ i jämförelse med Mo som vanligen används för att ge bra hårdbarhet. Detta innebär att man i samband med sintringen också kan gaskyla den pressade detaljen och därmed utesluta en separat härdningsoperation. Flertalet av dagens sintringsugnar har dock inte denna möjlighet, men utvecklingen går emot ugnar försedda med gaskylning.

Ett alternativ till sintringsugnar mer skyddsgas är vakuumugnar. I dessa kan avdrivning, sintring och eventuellt uppkolning ske under vakuum. I dessa ugnar sker kylningen normalt med kvävgas under högt tryck eller hög gashastighet. I projektet genomfördes sintringsförsök i både gasatmosfär och vakuum. Resultatet visar att injektorok som vakuumsintrats har en hållfasthet på ca 30 % högre än de som intrats i gas och 40 % mer än den smidda varianten. Strukturen var dock i samtliga fall helt martensitisk för de sintrade injektoroken.

Genom att använda sinterstål till injektoroken har en materialbesparing på ca 30 % uppnåtts. Materialutnyttjandet är ca 68 % för det smidda injektoroket och ca 97 % för den sintrade varianten. Detta tillsammans med en förenklad processgång medför en energibesparing på ca 32 %.

LCA-analysen visar att sintring kan anses bättre än smidning ur miljösynpunkt för den aktuella komponenten. Detta trots att denna detalj inte ger de stora viktsbesparingsfördelar som sintring kan ge vid mer komplicerade geometrier. Dessutom har projektet syftat till att skapa sintrade detaljer med hög densitet och liknande geometri som för smidda, vilket också minskar möjligheten till miljövinster. När det gäller de ingående legeringsämnen, utsläpp från tillverkningsprocesser och liknande är denna analys mycket osäker, främst beroende på brist på data.

Som ett komplement har en WEST-analys (Work Environment Screening Tool) gjorts. Det är ett sätt att mäta arbetsmiljön och visar på vad som är de negativa och positiva effekterna för arbetsmiljön. De faktorer som ingår är; olycksfall, belastningsergonomi, psykiska och sociala faktorer, buller och vibrationer, kemiska hälsorisker och allmänt om arbetsmiljön. Kostnaden för arbetsmiljöbelastningen blir för sintrade detaljer 2 136 kkr/Mh (mätetalet är tusen kronor per million arbetade timmar) medan motsvarande kostnad är 11 296 kkr/Mh för smide. Det kan nämnas att kostnaden för arbetsmiljöbelastningen för ett medelstort företag i svensk tillverkningsindustri är 6767 kkr/Mh.

Genom att övergå från smidning till sintring har tillverkningskostnaden för injektoroket minskats i betydande grad.

1 Teknikutvärdering

1.1 Injektoroket

På dieselmotorer i lastbilar hålls injektorn, för insprutning av bränslet, på plats genom att injektoroket trycker ner och fixerar injektorn i insprutningshålet. Injektoroket trycker ner injektorn med klona och kraften åstadkoms genom fastspänningen med en skruv, som går igenom hålet i oket. Vid åtdragningen förspänns skruven till ca 1 000 Mpa. Det är främst en statisk belastning som injektoroket utsätts för, den dynamiska är försumbar.

Idag tillverkas injektoroket utgående från ett smitt ämne. Syftet med denna studie är att undersöka möjligheten att använda sinterteknik och analysera vilka effekter det har på teknik, miljö och ekonomi.

I bild 1 visas ett exempel på smitt respektive sintrat injektorok och i bild 2 finns en ritning av respektive



Bild 1 Injektorok: det sintrade till vänster och det smidda till höger.

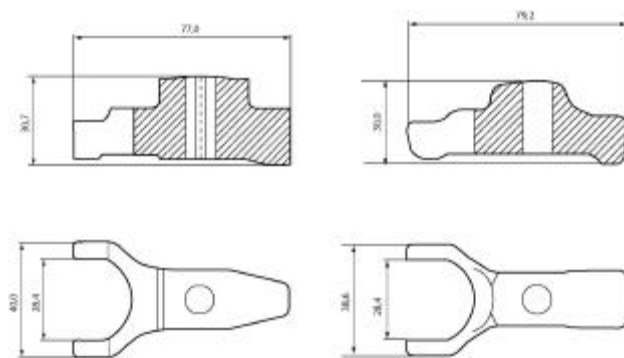


Bild 2 Ritning av injektorok: det sintrade till vänster och det smidda till höger.

De hårdaste toleranskraven ligger på $\pm 0,2$ mm.

De konstruktionsändringar som gjorts på det sintrade injektoroket är: ovalt hål som ger lägre spänningskoncentration, bättre ytfinhet genom själva processen, en liten ändring i geometrin för att underlätta pressningen och en avsats på klona för att passa till en nyutvecklad motor.

1.2 Tillverkningsgång

Smidda injektorok	Sintrade injektorok
Utgångsläge: Stång	Utgångsläge: Pulver
Kapning	Pressning av grönkropp
Induktionsvärmning av utgångsämnet	Sinterhärdning. Både sintring och härdning i samma operation. Detta är möjligt då den använda pulversorten, Astaloy CrM, har en hög härdbarhet varvid kylningen kan ske relativt långsamt.
Smidning. Två ok smids samtidigt och separeras vid skägningen	Anlöpning 200 °C
Skägging	Trumling med rostskydds-inhibitor följt av sköljning och torkning
Kontrollerad svalning. Stålet i oket är ett utskiljningshärdande stål, 2904-95, som uppnår sina egenskaper i samband med svalningen	Bearbetning *
Blästring	
Kalibrering, kallt	
Borrning av centrumhålet och fräsning av greppet för att passa mot injektorn	
Tvättning och packning	
Vikt: 194 gram	Vikt: 196 gram

*) Ingen bearbetning behövs av det sintrade injektoroket då pressnings- och sintringsprocessen ger mått som ligger inom toleranserna. I sintringsförsök nr 3 som genomförts, se tabell 1 nedan, har spridningen i avståndet mellan klona legat inom $\pm 0,1$ mm.

Det smidda injektoroket är tillverkat i 2904-95 med analysen 0,38 % C, 0,65 % Si, 1,3 % Mn, <0,20 % Cr, <0,08 % Mo och 0,09 % V.

Pulversorten Astaloy CrM har analysen 0,01 % C, 3,0 % Cr och 0,50 % Mo och är relativt nyutvecklat. Inför pressning av injektoroket tillsattes 0,6 % amidvax för att underlätta pressoperationen och 0,55 % grafit. Vid sintringen diffunderar grafitten in i pulverkornen och ger en genomsnittlig kolhalt på ca 0,40 % i sinterstålet.

Sintringen av oket har skett på i princip två olika sätt. Det ena är sintring med olika skyddsgasatmosfärer och olika kylning. Det andra är sintring i vakuum följt av olika typ av kylning, som t ex gas med hög hastighet eller med högt tryck. Fem olika sinterhårdningar har gjorts, se tabell 1 nedan.

Tabell 1 Sinterhårdning av injektorok.

Försök	Sinterhårdning	Ugnsatmosfär	Temperatur, °C	Kylning	Kylhastighet, °C/s	Hårdhet, HV10
1	Höganäs 1	N ₂ + 10 % H ₂	1120	N ₂ + 10 % H ₂	–	469
2	Höganäs 2	N ₂ + 10 % H ₂	1250	N ₂ + 10 % H ₂	(4,3)	418
3	Ipsen Kleve	Vakuum	1220	7 bar N ₂ kall kammare	(5,0)	378
4	Järfälla Härdverkstad	Vakuum	1250	6 bar N ₂ varm kammare	3,3	358
5	IM	N ₂ + 10 % H ₂	1250	Helium	1,3	412

Vid kylningen uppmättes, i två av försöken, ett medelvärde på kylningshastigheten mellan 900 – 400 °C i okets tjockaste del med ett inborrat termoelement. I försök 4 uppmättes 3,3 °C/s och i försök 5 var kylningshastigheten 1,3 °C/s. I övriga försök kunde av tekniska skäl inget termoelement användas. De övriga angivna värdena är beräknade och i viss mån osäkra.

Hårdhetsresultaten stämmer inte överens med använda kylningshastigheter. I försök 4 och 5 som är verkligt uppmätta kylningshastigheter ger 3,3 °C/s hårdheten 358 HV10, medan en lägre kylningshastighet på 1,3 °C/s ger 412 HV10. Däremot ger sinterhårdning i vakuumugn lägre hårdheter medan sinterhårdning i gasatmosfär ger högre hårdheter. Orsakerna till dessa skillnader kan inte förklaras just nu.

Chargeringen har gjorts på olika sätt beroende på chargeringsutrustningen och typ av ugn som användes. I bild 3 framgår chargeringen från försök 4. En del av injektoroken ligger ner på en keramisk platta medan andra står på högkant. En oregelbunden chargering kan lätt ge upphov till skillnader i hårdhet mellan injektoroken.

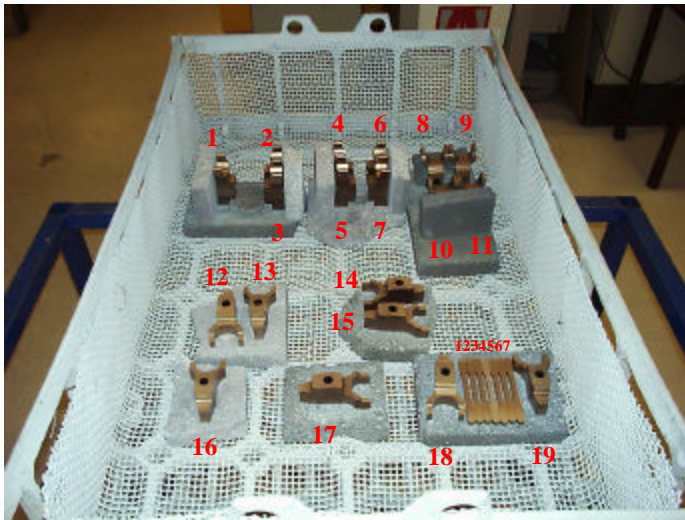


Bild 3 Charge från försök 4. Termoelementet var placerat i injektorok nr 17.

Analysen av hårdhet, struktur, porositet och densitet har skett på injektorokets arm, se bild 4.

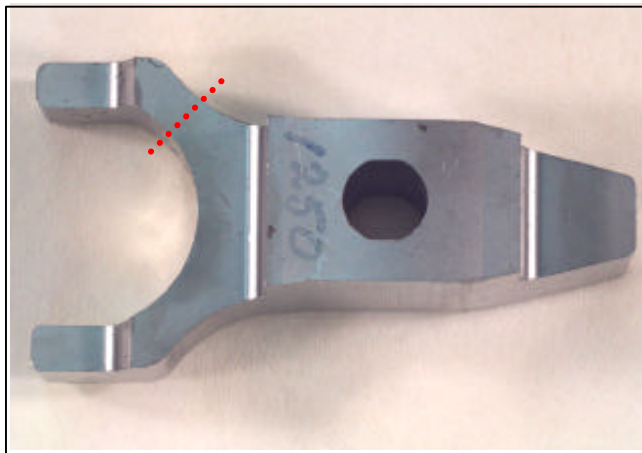


Bild 4 Linjen markerar snittet där analysen gjorts.

Porositeten bedömdes genom porräkning, porer räknades på 20 synfält jämnt fördelade över ytan och ett medelvärde räknades fram, se tabell 2. Densiteten mättes på alla prover enligt praxis, arkimedes princip med tätning av ytporer med silikonolja, se tabell 2.

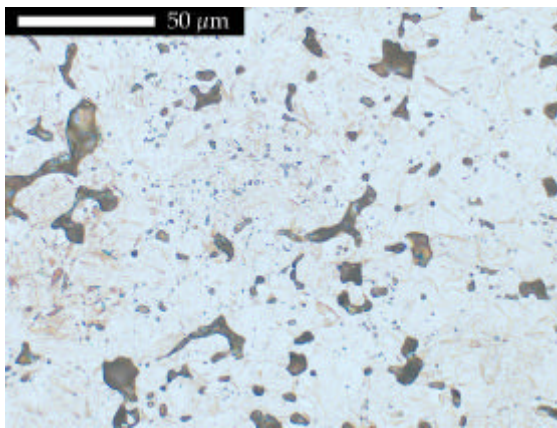
Tabell 2 Porositet och densitet för de fem försöken.

Försök	Sinterhärdning	Porositet, %	Densitet
1	Höganäs 1	10,6	7,14
2	Höganäs 2	8,3	7,17
3	Ipsen, Kleve	8,9	7,09
4	Järfälla Härdverkstad	9,9	7,03
5	IM	9,3	7,04

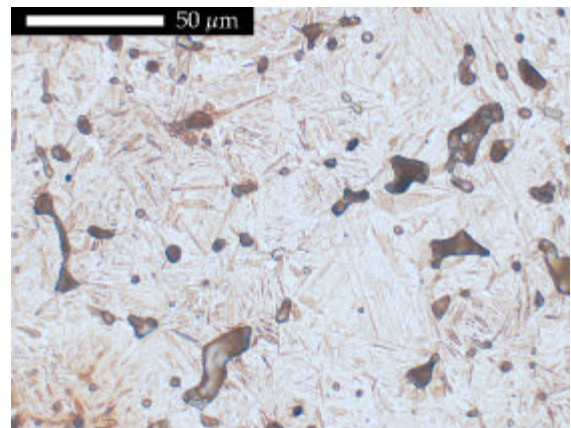
De båda proverna från Höganäs har något högre densitet än övriga. Det beror troligen inte på gasatmosfären då IM också använt samma atmosfär. Den höga porositeten för Höganäs 1 beror troligen istället på en lokal variation i porositet. Porositeten räknas i ett snitt medan densiteten mättes över en volym vilket ger ett medelvärde som är mer korrekt. För de övriga försöken ger beräknad porositet och uppmätt densitet en god korrelation.

Strukturen för alla injektoroken är huvudsakligen martensitisk. Fe-Cr-oxid förekommer i försök 1, mycket lite i försök 3 och 4 men endast sparsamt i försök 2. Sintringstemperaturen 1 120 °C, försök 1, är inte tillräckligt hög för att reducera Cr-oxider, medan 1 220 °C ger en reduktion.

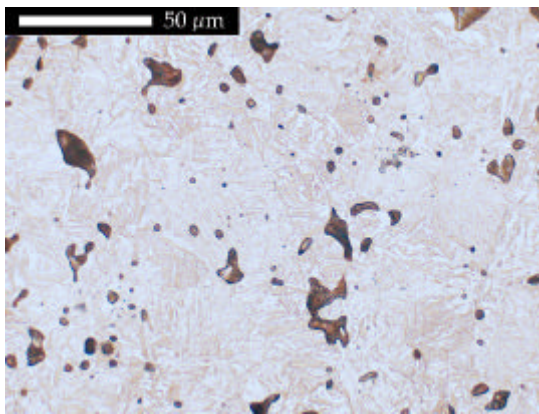
Strukturen hos det sintrade injektoroket för de fem försöken framgår av bild 5.



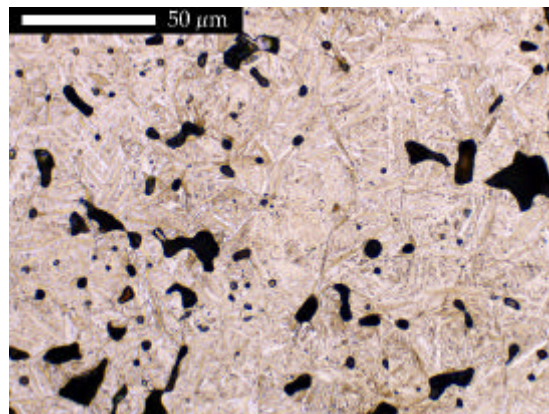
Försök 1 (Höganäs 1)



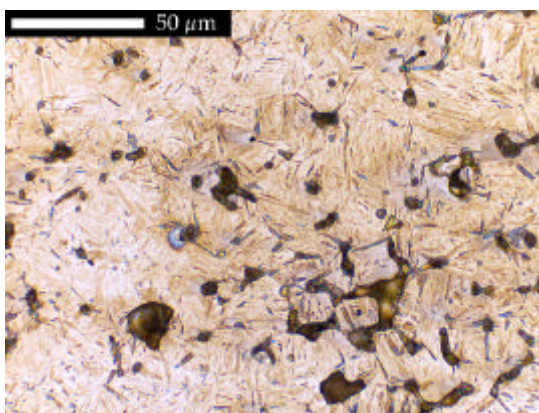
Försök 2 (Höganäs 2)



Försök 3 (Ipsen)



Försök 4 (Järfälla Hårdverkstad)



Försök 5 (IM)

Bild 5 Struktur i armens kärna.

1.3 Injektorokets hållfasthet

Provning av injektoroket gjordes genom att det belastades på samma sätt som vid monteringen av injektoroket. Kravet är att oket ska hålla 4,6 ton, 45 000 N, utan att plastiskt deformeras. Både smidda respektive sinterhårdade injektorok ingick i provningen, se tabell 3.

Tabell 3 Provning av injektorok.

Sinterhårdning	Belastning, N	Spridning, N
Höganäs 1	73 400	7 500
Höganäs 2	105 800	18 400
Ipsen	131 300	10 400
Järfälla	138 900	12 400
IM	103 700	1 900
Smitt ok	80 000	-

Belastningsprovet visar att de vakuumhårdade oken tålde den största belastningen trots att de hade lägre hårdhet än de som sintrats i gasatmosfär. Orsaken kan vara att dessa injektorok har en högre sprödhet, p g a den högre hårdheten, som ger upphov till sprödbrott.

Då de vakuumsintrade injektoroken har betydligt högre hållfasthet så kan utformningen hos injektoroken ändras så att de blir lättare och med bibehållen hållfasthet.

1.4 Bättre materialutnyttjande

Vid smidning erhålls skägg som ”förlust” medan pulvret utnyttjas bättre för en sintrad produkt. Det smidda injektoroket har en skäggvikt på ca 100 gram, vilket ger ett materialutnyttjande på 68 %. Detta är relativt högt för smidda produkter men okets enkelhet medför detta. För det sintrade injektoroket är materialspletet ca 5 gram, detta ger ett materialutnyttjande på ca 97 % vilket är normalt för sintrade produkter.

1.5 Leverantörer

För smidda produkter finns ett flertal smedjor att tillgå i Sverige. Alla har dock inte utrustning för att genomföra kontrollerad svalning, som krävs för ett utskiljningshårdande stål som injektoroket är gjort av. Kontrollerad svalning kan

dock relativt lätt införas då investeringskostnaden är måttlig. Bearbetningen är enkel varvid ett flertal verkstäder kan göra detta. Normalt ansvarar även smedjan för att detta görs så att en helt färdig detalj levereras.

De flesta tillverkare av sinterstålsdetaljer utför normalt både pressning och sintring. För att fullt ut kunna utnyttja pulversorten Astaloy CrM bör dock kylningen efter sintringen kunna ske snabbare än vad som normalt är möjligt idag. Idag sker härdningen separat hos härdverkstäder. Inom sinterstålsindustrin finns sedan ett par år en trend mot en ökad användning av sintringsugnar med hög kylningskapacitet. Idag finns ett antal tillverkare som har möjligheten att sinterhärda i ett steg. På några års sikt kommer dock de flesta tillverkare att kunna genomföra sinterhärdning i ett steg. Att kunna göra detta är miljövänligt och energibesparande då den separata härdningen och transporter på vägarna undviks.

2 Miljöutvärdering

Miljöutvärdering i detta projekt är gjord inom två miljöområden, yttre och inre miljö, ofta kallade miljö respektive arbetsmiljö. I denna rapport har det gjorts med hjälp av LCA-analys och WEST-analys.

2.1 LCA-analys

Metoden för att jämföra miljöpåverkan från sintring respektive smide av injektor-ok till en lastbil har i detta projekt varit IVFs miljöbedömningsmetod. Denna metod har använts under fyra år till att bedöma miljöpåverkan av IVFs projekt, och också till att finna förbättringsförslag. Denna metod är i huvudsak kvalitativ, även om vissa kvantitativa delar finns med. Metoden delas in i fem steg.

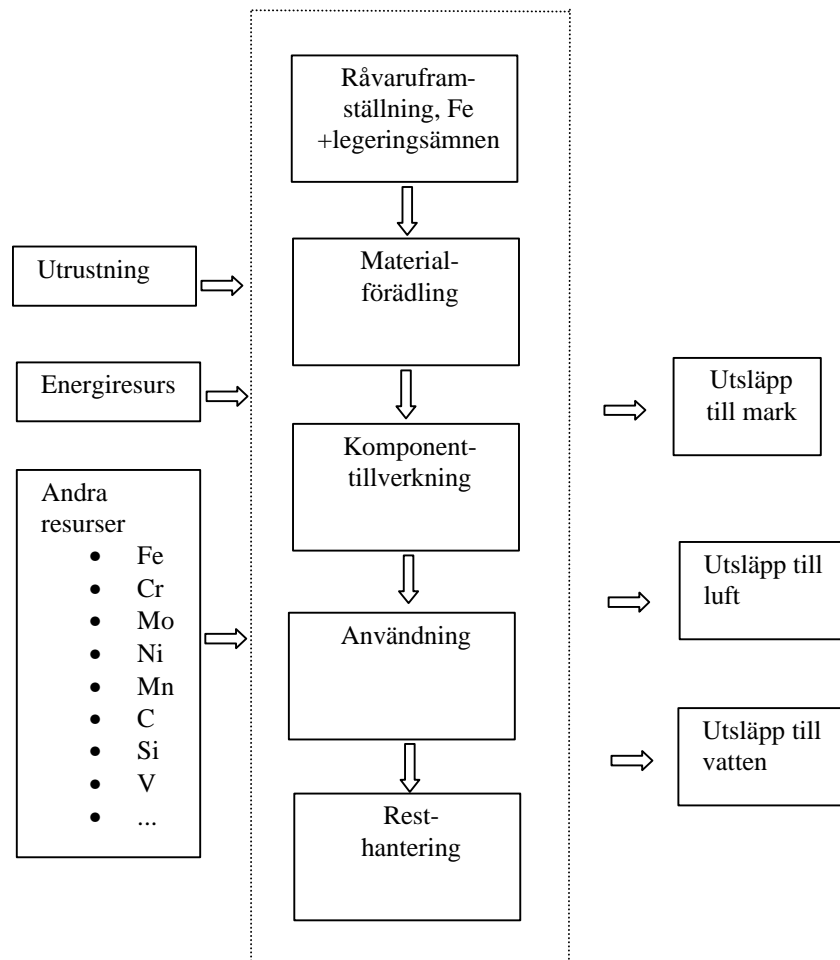
- 1 Definiera systemgränserna
- 2 Definiera funktionell enhet
- 3 Identifiera miljöaspekter
- 4 Finna för- och nackdelar med respektive metod
- 5 Värdering och sammanfattning.

2.1.1 Systemgränser

Vid all värdering av yttre miljöpåverkan från en produkt är det av yttersta vikt att man har ett livscykelperspektiv, dvs tar med miljöpåverkan från råvaruutvinning, materialframställning, detaljtillverkning, användningsfas, resthantering och alla transporter däremellan för den aktuella produkten.

Eftersom livscykeln är ytterst omfattande för de flesta produkter, brukar man vid jämförelse mellan två tillverkningsprocesser, i detta fall sintring och smide, endast ta med de delar i livscykeln där skillnader finns. I denna analys finns också svårigheter med att få fram information om vissa av produktens livscykelsteg, varför miljöpåverkan från dessa utesluts.

Processtråd, ett sätt att visualisera en produkts livscykel. Här visar den streckade linjen var vi drar systemgränserna i detta fall.



2.1.2 Funktionell enhet

Då man värderar miljöpåverkan av en produkt, och särskilt när man ska jämföra två produkter (eller processer), gäller att man värderar miljöpåverkan per funktionell enhet. En funktionell enhet beskriver den nytta en produkt ska göra, i vilken omfattning och under vilken tid. Det innebär att det ur miljösynpunkt gäller att skapa en detalj som uppfyller den funktionella enheten med så liten miljöbelastning som möjligt. I detta fall är den funktionella enheten ”*en mekanisk detalj som ska trycka ner och fixera en injektor i insprutningshålet på en lastbilmotor med en kraft av X N på en lastbil som fraktar Y ton i 125 000 mil*”. Vi räknar således per injektorok i detta fall, och antar att båda de alternativ som jämförs kan uppfylla funktionen som beskrivits. Siffran för antalet mil och last är hämtade från Volvo.

2.1.3 Miljöaspekter

De miljöaspekter som blir viktiga, ska värderas utifrån hela livscykeln och den funktionella enheten. Om man ser till lastbilens totala miljöpåverkan under sin livscykel, (som kan ses på www.volvo.com/trucks under "Volvo Trucks" och "Customer Offers") ser man att bränsleförbrukningen och avgasemissionerna tillsammans står för 85 % av miljöbelastningen för en Volvo FH och Volvo FM. Tillverkning och resthantering av en lastbil ger betydligt mindre miljöpåverkan. I denna analys ska vi jämföra sintring och smide, och vi fokuserar därför de miljöaspekter som kan tänkas skilja sig åt för de olika tillverkningsprocesserna. Vi har valt att analysera följande miljöaspekter:

Bränsleförbrukning och avgasemissioner

Eftersom de båda tillverkningsmetoderna ger olika komponentvikt och därigenom påverkar bränsleförbrukningen hos lastbilen, är detta en viktig miljöaspekt. En lättare motor gör att föraren kan lasta mer last, och därigenom bibehåller bränsleförbrukningen. Detta innebär dock i sin förlängning att antalet lastbilskilometer totalt kan minska, eftersom de som kör tar lite mer last. Fraktarbete räknas i miljösammanhang oftast i tonkm, eller för bulkvaror i m3km.

Råvaror, materialåtgång och spill.

För att skapa ett lämpligt pulver för sintring krävs en annan legering än då man smider. Detta ger olika miljöpåverkan på grund av resursutarmning och utsläpp av olika ämnen. Dessutom ger de olika metoderna olika mängd spill och komponentvikt, som påverkar mängden råvara.

Energiförbrukning

De olika tillverkningsprocesserna kräver olika mängd energi, dels för själva processen, men också för de olika processteg som föregår komponenttillverkningen. Detta gäller tillverkningen av pulver respektive stång.

Utsläpp från tillverkningen

Tyvärr har vi inom detta projekt inte kunnat mäta och analysera de utsläpp till luft, vatten och mark som de båda tillverkningsmetoderna ger, varför de måste uteslutas ur denna analys.

Transporter och resthantering

Transporter och resthantering antas vara lika för de båda varianterna.

2.1.4 Jämförelse mellan de båda tillverkningsmetoderna

Observera att vi här räknar per injektorok, och att det i en lastbilmotor behövs åtta ok.

Teckenförklaring: + betyder bättre, - betyder sämre, = betyder lika

Miljöaspekt	Sintring	Smide
Bränsleförbrukning hos lastbil under 125 000 mil. (Avgasemissionerna kan antas få samma förhållande, alltså större bränsleförbrukning ger större emissioner.)	+	-
	Komponenten väger 196 g vilket bidrar till en bränsleförbrukning av 1,25 liter diesel. (Beräknat enligt Volvos tumregel att en vikt på 1 kg ger en ökad bränsleförbrukning med 6,25 liter på 125 000 mil)	Komponenten väger 194 g, vilket bidrar till en bränsleförbrukning av 1,36 liter diesel. (Beräknat enligt Volvos tumregel att en vikt på 1 kg ger en ökad bränsleförbrukning med 6,25 liter på 125 000 mil)
Råvaror	=	=
Miljöpåverkan från olika legeringsämnen inte lätt att studera. Beror på processer vi inte känner. Här har vi använt poäng tagna från värderingsmetoden Eco Indicator-99. EPS ger liknande resultat. Vissa beståndsdelar saknas data helt för.	CrM 0,01 % C 3,0 % Cr (551 mpt/kg) 0,50 % Mo (442 mpt/kg) 0,6 % amidvax (okänt mpt/kg) 0,4 % grafit (okänt mpt/kg) Fe (58 mPt/kg) (poängen tagna från Eco Indicator-99 ett ungefärligt medelvärde blir 74 mPt/kg vilket motsvarar 15 mPt per ok, 204 g). Skillnaden för liten och osäker för att kunna påstå att någon är bättre än den andra	2904-95 (ett höglegerat material för att kunna härda direkt efter smidet) 0,18 % C 0,15 % Cr (551 mpt/kg) 0,04 % Mo (442 mpt/kg) 0,4 % Si (260 mpt/kg) 1,4 % Mn (205 mpt/kg) 0,14 % V (1390 mpt/kg) Fe (58 mpt/kg) (poängen tagna från Eco Indicator-99 ett ungefärligt medelvärde blir 64 mPt/kg vilket motsvarar 20 mPt per ok, 320 g). Skillnaden för liten och osäker för att kunna påstå att någon är bättre än den andra
Materialåtgång och spill	+	-
	Materialåtgång tot: 200 g/ok Varav spill: 4 g/ok	Materialåtgång tot: 297 g/ok Varav spill: 103g/ok
Energi från tillverkningen	+	-
	Råmaterialframställning: 1,09 kWh/ok Sintring: 0,56 kWh/ok Totalt: 1,65 kWh/ok	Råmaterialframställning: 2,06 kWh/ok Smide: 0,56 kWh/ok Totalt: 2,42 kWh/ok

För mer detaljer om bakgrunden till energiförbrukning och spill, se IVF-skrift 84813.

2.1.5 Värdering och sammanfattning

Analysen visar att sintring kan anses bättre än smidning ur miljösynpunkt för den aktuella komponenten. Detta trots att denna detalj inte ger de stora viktsbesparingsfördelar som sintring kan ge vid mer komplicerade geometrier. Dessutom har projektet syftat till att skapa sintrade detaljer med hög densitet och liknande geometri som för smidda, vilket också minskar möjligheten till miljövinster. När det gäller de ingående legeringsämnen, utsläpp från tillverkningsprocesser och liknande är denna analys mycket osäker, främst beroende på brist på data.

För att göra en mer fullständig analys, fordras att man gör en fullständig livscykelanalys av **hela** produktens livscykel för respektive process, med samma funktionella enhet och med samma systemgränser. Detta skulle kräva ett mycket omfattande arbete, och också att utföraren fick full insyn i tillverkningen, dess behov av råvaror och resurser, samt utsläpp till vatten, luft och mark för de båda tillverkningsprocesserna. Dessutom skulle det även kräva ett tätt samarbete med användarens (Volvos) livscykelanalysexperten

2.2 WEST-analys

Som komplettering till LCA-analysen har en förenklad WEST-analys gjorts för att jämföra arbetsmiljöbelastningen för sintring kontra smidning.

För att ett systematiskt arbetsmiljöarbete ska ge önskat resultat, behöver man bra metoder och verktyg. IVF har i ett 3-årigt forskningsprojekt tagit fram en metod kallad WEST (Work Environment Screening Tool), som är ett kraftfullt verktyg för att styra verksamheter mot bättre hälsa och produktivitet. WEST mäter hela arbetsmiljön, låter dig jämföra olika faktorer och visar vad som ger de största negativa och positiva effekterna för arbetsmiljön. De ingående faktorerna är:

- olycksfall
- belastningsergonomi
- psykiska och sociala faktorer
- buller och vibrationer
- kemiska hälsorisker
- arbetsmiljö allmänt.

Varje faktor redovisas med ett gemensamt nyckeltal – kostnad per arbetad timme eller per tillverkad produkt. Nyckeltalet baserar sig på statistik över arbetsrelaterad ohälsa i tillverkningsindustrin, och omfattar kostnader för företag, individ och samhälle.

Med WEST kan man prioritera åtgärder i förbättringsarbetet och visa resultatet av gjorda insatser. Metoden ger möjlighet att följa utvecklingen av arbetsmiljön över

tiden och att jämföra det egna företaget med ett branschgenomsnitt. Med WEST kan man också prognostisera kostnader orsakade av brister i arbetsmiljön och bedöma den ekonomiska nyttan av investeringar i förbättringar.

WEST kan även användas för att infoga data om arbetsmiljö i livscykelanalyser, och på så sätt bidra till att verksamheten optimeras för både bättre arbetsmiljö och minskad miljöpåverkan. Detta sätt har använts i projektet. Arbetsmiljöbelastningen redovisas per tillverkad produkt. Således kan arbetsmiljöbelastningen för de två alternativa tillverkningsmetoderna jämföras.

WEST baserar sig på vedertagna modeller för att bedöma exponeringar och andra förhållanden i arbetsmiljön. För att prognostisera de ekonomiska effekterna av arbetsmiljön har exponeringsmodellerna kopplats till statistik över kostnader för arbetsrelaterad ohälsa i tillverkningsindustrin. De olika delarna i WEST har validerats genom jämförelse med andra metoder och modeller. Utvecklingen har skett i samråd med ledande experter inom de olika områdena.

2.2.1 Avgränsningar

1 Arbetsmoment

Sintringen består av följande arbetsmoment.

- Verktystillverkning
- Förinställning av verktyg

-
- Pressning
 - Sintring
 - Kalibrering
 - Trumling
 - Kontroll
 - Packning

-
- Slipning av verktyg

Smidning består av följande arbetsmoment:

- Verktystillverkning

-
- Smidning
 - Riktning
-

I det studerade fallet följde sedan ett präglingmoment, som inte medräknats då det inte är relevant för denna jämförelse.

Momenten inom strecken har tagits med i analysen. Efterföljande moment är skärande bearbetning. Detta moment skiljer sig åt mellan de två studerade metoderna. Efter sintring krävs ofta betydligt mindre skärande bearbetning eftersom man kommer närmare slutlig form än man gör vid smidning. Men skillnaden varierar kraftigt från produkt till produkt, varför detta moment inte medräknats. Generellt är det dock till sintringens fördel. Den skärande bearbetningen bedöms heller inte ge något stort bidrag till arbetsmiljöbelastningen.

2 Arbetsmiljöfaktorer

Av de sex arbetsmiljömomenten som ingår i WEST enligt ovan har *Psykiska och sociala faktorer* och *Arbetsmiljö allmänt* uteslutits eftersom dessa är företags-specifika och inte processspecifika.

3 Antal mätningar

Jämförelsen baserar sig endast på en mätning vid ett företag som sintrar och en mätning på ett företag som smider.

2.2.2 Resultat

Sintring

	Pressning	Sintring	Kalibrering och trumling	Kontroll och packning	Snitt
Del av totaltiden	35 %	20 %	25 %	20 %	
Olycksfall	974	869	784	12	538
Belastningsergonomi	240	720	240	6 336	1 555
Buller och vibrationer	60	25	60	25	46
Kemiska hälsorisker	0	0	0	0	0
Summa					2 136

Snittet räknas ut med hänsyn till hur stor del av tillverkningstiden som är att hänföra till respektive arbetsmoment.

Notabelt är det höga värdet för kontroll och packning. Detta är dock ett moment som kan automatiseras.

Smidning

	Smidning	Riktning	Snitt
Del av totaltiden	80 %	20 %	
Olycksfall	3 867	6 862	5 961
Belastningsergonomi	5 400	4 500	5 220
Buller och vibrationer	115	115	115
Kemiska hälsorisker	0	0	0
Summa			11 296

Enheten för ovanstående mätetal är tusen kronor per million arbetstimmar (kk/Mh). Tar man bort de tre sista siffrorna blir mätetalet kronor per timme, dvs 11 296 i summan ovan blir 11 kronor och 30 öre per arbetstimme.

2.2.3 Exempel

En detalj följdes upp vid sintringen och slagtiden i pressningen för detaljen var 19 slag per minut, dvs 3,2 sekunder per styrning. Pressningen utgör 35 % av totala arbetstiden för att tillverka detaljen. Den totala tiden blir således 9,0 sekunder.

Arbetsmiljöbelastningen för sintring är (enligt tabell ovan) 2,14 kronor per timme (2 136 kkr/Mh) eller 0,06 öre per sekund. 9 sekunders total arbetstid ger således 0,54 öre per styrning.

2.2.4 Jämförelse

Arbetsmiljöbelastningen för sintring är 2 136 kkr/Mh och för smidning 11 296 kkr/Mh. Relationen är således 0,19, dvs arbetsmiljöbelastningen för att sintra en detalj jämfört med att smida den är 19 %. Detta under förutsättning att den arbetstid som krävs för de två processerna är densamma. En uppgift säger att den arbetstid som krävs för sintringen är ca 70 % jämfört med smidningen. Om detta är en korrekt uppgift korrigeras relationen till att bli 0,13.

Det kan nämnas att arbetsmiljöbelastningen för ett medelstort företag i svensk tillverkningsindustri är 6 767 kkr/Mh.

3 Ekonomiutvärdering

Den ekonomiska utvärderingen har visat att tillverkningskostnaden för det sintrade injektoroket är betydligt mindre än motsvarande smitt injektorok.