

# Kernefremstilling med epoxy kan erstatte coldbox kerner



## TORE NILSSON, PROCESS ENGINEER – VOLVO GLOBAL TRUCK OPERATIONS

### Indledning

Volvo Global Truck Operations fremstiller motorer til lastbiler, busser og skibe i Skövde, Sverige. De vigtigste fremstillingsafdelinger er støberiet, maskinfabrikken og montageafdelingen. Støberiet fremstiller støbegods til motorblokke, topstykker og tilhørende komponenter i det gamle støberi, der har en kapacitet på i alt 120.000 tons støbegods årligt, samt i det nye støberi (fig. 1), der har en kapacitet på 20.000 tons årligt.

I 90-erne ønskede Volvo til fremstilling af deres nye D12-motor ikke længere at anvende hotbox-kerner men ville gå over til en koldhærdende proces, og valget var mellem PUCB og Epoxy.

Kernefremstilling med det gashærdende bindemiddel PUCB (poly-urethane-cold-box), i det daglige kaldt cold-box, har som fordel den hurtige og omkostningseffektive fremstillingsproces, kernernes store styrke, gode nedbrydningsevne samt kernesandets gode flydeegenskaber. Ulemperne ved metoden er, at bindemidlet indeholder isocyanter, og at der anvendes aminer til begasning.

Coldbox-metoden er i dag fortsat den mest anvendte fremstillingsmetode til kerner i store serier. Et alternativ til coldbox-metoden er Epoxy-SO<sub>2</sub>-metoden. Denne gashærdende metode har også en høj produktionstakt samt gode mekaniske og termiske egenskaber. En ulempe er metodens anvendelse af SO<sub>2</sub>-gassen.

Grunden til, at Volvo valgte Epoxy i stedet for coldbox var ønsket om:

- En kernefremstillingsmetode uden brug af isocyanter
- Mulighed for at undgå opløsningsmidler i bindemidlet
- Forlænget bænktid af kernesandet
- En hurtig fremstillingsmetode



Fig. 1: Volvo's nye støberi i Skövde

Risici og udfordringer ved anvendelse af Epoxy-metode Epoxy-metoden er et gashærdende to komponenter system, hvor den ene del er en epoxyharpiks blandet med en organisk hydroperoxid og den anden del en modificeret akrylharpiks. Når de to komponenter er blandet med sandet foregår afhærdningen ved begasning med SO<sub>2</sub>-gas. Organisk hydroperoxid er ikke alene meget reaktivt men også meget giftigt, og derfor findes strenge krav til forsvarlig opbevaring, håndtering og anvendelse. 80 % cumenehydroperoxid leveres under varemærket Peroxan, og de nødvendige forholdsregler fremgår tydeligt af produktets faremærker (fig. 2). Ved anvendelse af store mængder kræves en licens. For at undgå eksplosionsfare

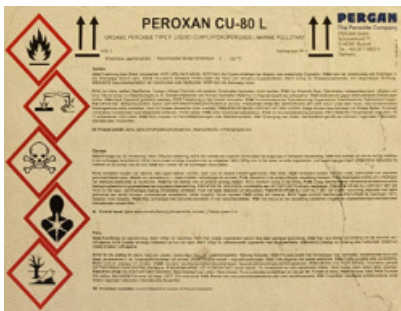


Fig. 2: Faremærker for Peroxan

har Volvo temperaturovervågning og vandkøling i lagerfaciliteterne.

Svovldioxid, SO<sub>2</sub>, er en farveløs, sundhedsskadelig gas med en stikkende svovlagtig lugt. Påvirkning på mennesker ved forskellige grænseværdier er vist i tabel 1.

Svovldioxid ppm	Påvirkning
0,1-1	Lugter tydeligt
1,5-2	Forværring af astma og bronkitis
2-5	Hovedpine, irritation i øjne. Vejtrækningsproblemer. Ved længere tids påvirkning kan der opstå kvalme
5-10	Irriterer luftveje, der kan opstå hoste
20-40	Irritation i øjne og luftveje. Hovedpine og svimmelhed. Kraftig hoste samt kvælnings- og træthedsfølelse.
50-100	Irritation i hals og luftveje med bl.a. kraftig hosten personen kun kan holde ud i få minutter
400-500	Der optræder umiddelbart en kraftig sammentrækning af luftveje samt en voldsom hoste, der gør vejtrækning umuligt. Kan være dødeligt

Tabel 1: Svovldioxidens påvirkning på mennesker

Det er især det, at svovldioxiden kan optræde i dødelige koncentrationer i indåndingsluften, der har givet epoxy-metoden et dårligt ry og derfor ikke anvendes i større omfang. Imidlertid er risiko for dødsfald ved udslip fra SO<sub>2</sub> installationer begrænset. Tærskelgrænseværdien som en medarbejder kan udsættes for pr. skift i arbejdstiden uden

negative virkninger er 0,5 ppm. Men allerede ved få tiendedele ppm udslip er lugten så ubehageligt at folk spontant udvander fra området. Ikke desto mindre skal arbejdet med SO<sub>2</sub> tages alvorligt.



Fig. 3: Anvendelse af gasmasker

For det første kan SO<sub>2</sub> fortyndes med kvælstof ved begasningen. Dette reducerer den nødvendige mængde SO<sub>2</sub> og dermed også restmængden i kernerne.

Desuden har Volvo et såkaldt "smart" ventilationssystem og et aktiv SO<sub>2</sub>-alarm når svovldioxidniveauet overstiger en vis grænse. Når det er nødvendigt anvendes gasmasker, som dog altid skal bruges ved arbejde på gasanlægget (fig 3).

Da coldbox-metoden er den mest anvendte til kernefremstilling er de fleste begasningsautomater baseret på amin, og de kan derfor ikke uden videre anvendes til SO<sub>2</sub> gas. Der findes begasningsautomater, der kan anvendes til de konventionelle SO<sub>2</sub>-begasningssystemer, men det modificerede - men temmelig ukendte - epoxy-SO<sub>2</sub>-system stiller nye krav såsom mulighed for automatisk blanding af SO<sub>2</sub> med inerte gasser for at reducere SO<sub>2</sub>-forbruget.



Fig. 4: Laempe begasningsautomat

Volvo har kunnet overbevise Laempe om fordelene og fremtidsmulighederne ved brug af SO<sub>2</sub> til epoxy-metoden, så nu kan Laempe levere begasningsapparater, som er designet til anvendelse ved SO<sub>2</sub> gas. Med dette specialudstyr kan gassen doceres nøjagtigt og forbruget yderligere reduceres.

### Generelle fordele ved Epoxy-metoden

De generelle fordele ved epoxy-metoden er:

- Lang bænktid
- Hurtig proces
- Ingen nitrogen
- Lavt binderforbrug

En stor fordel ved epoxy-metoden er den næsten uendelige bænktid. Volvo har gjort forsøg med epoxy sand, som har ligget i et år, hvorefter det fortsat kunne anvendes problemfrit. Det betyder, at kerneskydere ikke skal tømmes for sand under langvarige stop, ved vedligeholdelse eller sågar i weekender og ferieperioder. Den lange bænktid betyder også, at sandet beholder sin flydeevne og derfor kan skydetrykket nedsættes uden at kernens homogenitet sættes over styr.

Epoxy-metoden er også særdeles hurtig. Binderens akryldel hærdner hurtigt og giver hurtigt en tilstrækkelig håndteringsstyrke. Epoxydelen afhærdner langsommere og derfor opstår de gode slipegenskaber samt stor varmekraft. Hos Volvo har forholdsvis store kerner (ca. 84 kg) en begasningstid på 1-4 sekunder og en skylletid på 6-10 sekunder. Disse hurtige proces-tider gør kerneskyderne yderst effektive.

Den nitrogenfrie epoxybinder reducerer risikoen for nitrogen relaterede støbefejl. Desuden opbygges ingen nitrogen i sandet når det regenereres.

Epoxy-metoden kræver lav bindertilsætning. Fremstillingsmetoder som coldbox har i forhold til epoxy-metoden en kort bænktid. Dette betyder også at sandets egenskaber langsomt forringes, og derfor skal der tilsættes en større mængde bindemiddel for at kompensere for den forringende kvalitet af det sidste sand i en batch.

Hos Volvo var bindertilsætning ved anvendelse af den tidligere brugte epoxybinder 1-1,3 %, afhængig af kernens størrelse og kompleksitet. Med den nyudviklede binder er tilsætningen 0,45 - 0,8 %. Kerner til cylinderblokke (fig. 5) fremstilles med 0,6 % binder, hvilket svarer til 0,3 + 0,3 % for coldbox. Der findes næppe tilsvarende coldboxkerner, som kan fremstilles med sådanne lave tilsætninger.

Den lave bindertilsætning gør, at der med almindelig mekanisk regenerering kan opnås et godt regenereret sand, og derfor er det hos Volvo ikke nødvendigt med termisk regenerering.



*Fig. 5: Kerner til cylinderblokke*

Volvo's erfaringer med den nyudviklede epoxy-metode Volvo har i samarbejde med sin bindemiddelleverandør Cavenaghi udviklet en forbedret udgave af epoxy-binderen, som har en betydelig større styrke.

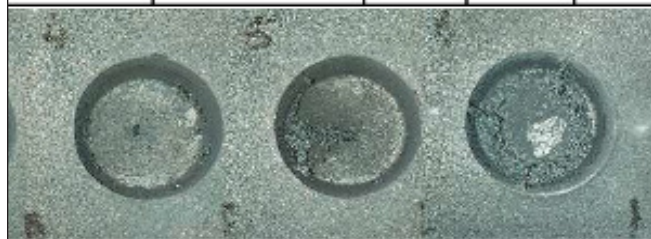
Den forøgende styrke har ikke alene forbedret de allerede styrkeafhængige egenskaber, men også de miljømæssige aspekter. De flygtige organiske forbindelser, de såkaldte VOC'er (Volatile Organic Compounds), og CO<sub>2</sub>-aftrykket er således reduceret betydeligt.

Desuden blev det observeret, at finnedannelse (bladribber) blev reduceret væsentlig (fig 6).

Som det fremgår opnås betydelige reduktion af finnedannelse, også ved anvendelse af H32 sand (rent kvartssand). Denne imponerede reduktion af finnedannelse, også uden anvendelse af en finnereducerende sværte, frem-

går af et gennemskåret topstykke, fig 7, hvor der ikke har kunnet konstatere nogen bladribber.

Pos.	Coating	Bottom veins	Vertical veins	Length (cm)
		(%)	Amount	
1				
2				
3				
4	Beskarp sand	5	0	0
5	H32 sand	10	1	1
6	Reference	100	3	12



*Fig. 6: 5-10 % reduktion af bladribber ved ny epoxy binder*

Det ser ud til at epoxybindersystemet fra Cavenaghi har udkonkurreret alle andre tilgængelige bindersystemer og giver en ny tilgang til at kunne opnå fejlfrit seriefremstillet støbegods uden brug af sandadditiver.

Til kerner, der er følsomme overfor dannelse af bladribber anvendtes Volvo normalt Rådasand, men dette er efter anvendelse af den forbedrede epoxy-binder ikke længere nødvendigt.



*Fig 7: Gennemskåret topstykke uden bladribber*

En anden iagttagelse er, at kernerne har ualmindelig gode nedbrydningsegenskaber efter støbning. Fig 8 viser et klip fra en videofilm, der viser udslagningen af et emne støbt i aluminium. På grund af aluminiums forholdsvis lave støbetemperatur er nedbrydning af kerner generelt vanskeligt. Videoen viser, hvordan kernesandet bogstaveligt talt løber ud af godset, som om det var rent sand. Disse helt enestående nedbrydningsegenskaber åbner selvfølgelig

op for helt nye muligheder for støbning af kompliceret aluminiumsstøbegods.



*Fig. 8: Fantastiske nedbrydningsegenskaber ved aluminiumsstøbning*

### **Miljømæssige fordele hos Volvo**

Efter begasning med  $\text{SO}_2$  bliver kernerne skyllet med luft for at fordele  $\text{SO}_2$  gassen i hele kernekassen så der kan opnås en fuldstændig afhærdning. Efter begasning og skylning sendes gas/luft blandingen til en scrubber (fig. 9). Der kan anvendes en ganske almindelig scrubber og der er ingen affaldsprodukter da  $\text{SO}_2$  gassen og kalksten danner et reaktionsprodukt, der kan anvendes til jordforbedring.



*Fig. 9:  $\text{SO}_2$  Scrubbere hos Volvo*

Forfatteren har den personlige mening, at Epoxy-metoden med hensyn til bæredygtighed og energibesparelser er enhver anden kernefremstillingsmetode overlegen.

### **Sammenfatning**

Volvo har kun gode erfaringer med Epoxymetoden, især efter der er gennemført væsentlige bindemiddelforbedringer i samarbejde med bindemiddelleverandør Ca-venaghi.

Desuden har samarbejdet med Laempe resulteret i et betydeligt mere effektivt begasningsudstyr.

Ud fra et sikkerhedssynspunkt skal epoxymetoden håndteres med omhu, men Volvo har aldrig haft nogen sundheds- eller sikkerhedsproblemer ved anvendelsen af epoxy- $\text{SO}_2$ -metoden.

Fordelene ved epoxykerner har resulteret i en øget kerneproduktion. Hvis disse forbedringer skulle været opnået med coldbox kerner, ville det have været nødvendigt med 24 til 40 % flere kerneskydere.

Da bindemidlet er delvist biobaseret, og mængderne af nødvendige tilsætninger er reduceret, er der opnået en væsentlig reduktion af det fossile aftryk og  $\text{CO}_2$  -udledningen.

For yderligere information kontakt venligst Tore Nilsson på: +467355 88131

**Denne artikel er baseret på et foredrag af**

**Tore Nilsson ved DSFs årsmøde 2022.**

**Bearbejdet for STØBERIET af Herbert Wolthoorn**