

# Anvendelsestolerancer for brugen af vandbaserede sværter til håndformet støbegods

Af *Norbert Schütze og Michel Ansorg, Foseco Germany*

Oversat af *Knud Bryndum*

## Indledning.

I lang tid har anvendelsen af vandbaserede sværter været gængs teknik i støberierne med serieleverancer til automobilindustrien. Som en selvfølgelig del af sværteprocessen indgår en omhyggelig tørring af det påførte sværtelag i en gennemløbsovn eller ved hjælp af mikrobølger.

I støberier med et håndformeri, hvor der støbes mange forskellige emner, der ofte kan være meget store, er anvendelsen af vandbaserede sværter processen dog mere besværlig.

På grund af de stadigt stigende krav fra miljømyndigheder, lave emissionsgrænser og begrænsninger med hensyn til opbevaring og anvendelse af farlige stoffer har alkoholbaserede sværter mistet deres betydning til fordel for vandbaserede.

Der er igen tvivl om, at ændringen fra alkohol- til spritbaserede sværter betyder væsentlige procesændringer, og at disse ændringer kræver nye planlægningsrutiner og kontrolmetoder for at sikre, at godskvalitet og produktivitet opretholdes.

## Undersøgelsesomfanget

Denne artikel undersøger, hvordan fugten fra vandsværten påvirker kvaliteten af den som-støbte godsoverflade. Fugten omfatter restfugten, der findes i sværtelaget og fugten, der er absorberet af form- eller kernematerialet. Der beskrives også metoder for at kunne bestemme de kontrol-

parametre, der angiver, hvornår en form eller kerne er tør nok for at kunne anvendes uden fare for fugtrelaterede støbefejl, såsom:

- Gashuller
- Blæsninger
- Pinholes
- Klatter

Indledende støberiforsøg har vist, at disse fejltypen kan forventes, når fugtighedsindholdet overstiger 50 %. Derimod optræder disse fejl ikke, når form eller kerne er tør og har et fugtindhold under 10 %.

Yderligere forsøg har undersøgt, hvilken effekt et varierende fugtindhold har på overfladekvaliteten af ubearbejdet støbegods, og hvordan resultaterne har været medvirkende til at danne retningslinjer for praktiske anvendelsesmuligheder.

Restfugtindholdet afhænger af

tørreprocessen; den største indflydelse på processen har:

- Temperaturen af omgivelserne
- Luftstrømningen
- Luftfugtigheden
- Lagertid
- Typen af ildfast materiale i sværten
- Påføringsmetoden
- Væske/tørstof-forholdet i sværten.

Nedenstående skema viser en sammenfatning af påvirkningsparametrene. På grund af det store antal parametre er der i det følgende kun medtaget de mest betydende.

Det drejer sig om at skaffe muligheder og teknologier, således at det bliver muligt at anvende vandbaserede sværter med et acceptabelt tidforbrug til lagring og færdigbearbejdning, uden brug af

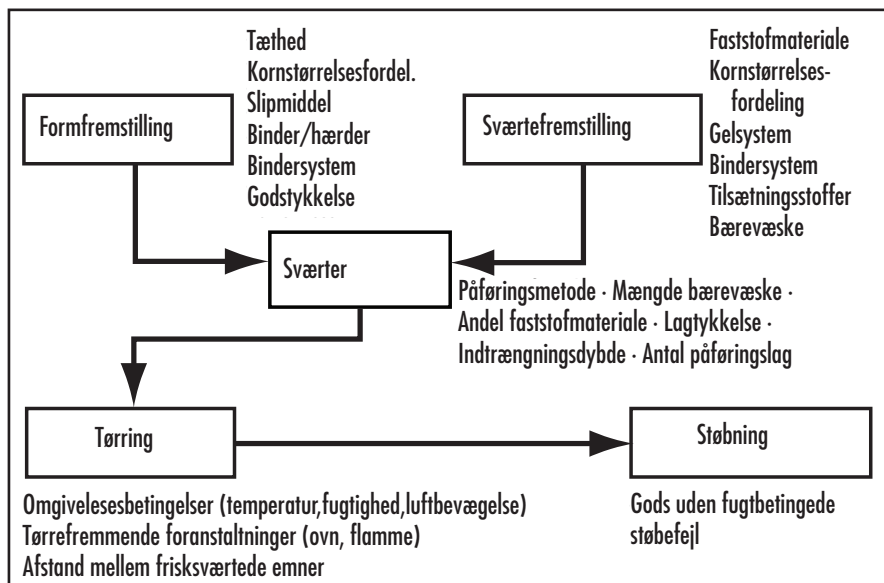


Fig. 2: PCE fugtighedsmåler



ovntørring eller forceret tørring og uden fugtrelaterede støbefejl.

## Metoder til at måle restfugtindholdet.

Indenfor rammerne af denne undersøgelse er den vigtigste kontrolparameter målingen af restfugten i sværtelaget og formmaterialets overflade. Måling af den relative fugtighed i disse områder blev udført med en fugtighedsmåler fra firmaet PCE. Måleapparatet (fig. 2) er forsynet med to metalben, som stikkes ind i formoverfladen og viser den absolutte fugtighed. Denne værdi kan omregnes til en værdi for restfugtindholdet. Desuden viser måleapparatet den relative luftfugtighed og rumtemperatur.

## Praktisk anvendelse

Et godt eksempel på anvendelsen af vandbaserede sværter finder man hos MAN B&W Diesel i Augsburg, hvor man i flere år har anvendt vandbaseret sværte (SEMCO\*Zr 7300 B) til store motorblokkerner (fig. 3). I en artikel i Foundry Practice 251 er fremgangsmåden beskrevet nærmere, og man får der et bedre indtryk af processen med at tørre sværte på store emner.

Man har dog her brugt forceret tørring af sværten ved 80 gr C, men under optimale betingelser kan dette undgås.

En sammenligning hos dette støberi mellem alkohol- og vandbaserede sværter (tabel 1) udviser fordelene på en række anvendelsesområder. Kun tørretiden er en ulempe, men denne kunne ved den rette anvendelse forbedres væsentlig.



Fig. 3: Vandsværtet motorblokkerner (foto: GIFA 2007)

## Sammenligning af egenskaber.

Egenskab	Vand	Alkohol
Håndteringsvenlighed	+ / ++	++
Befugtning af sandoverflade	+ / ++	++
Tørreevne	0 / -	++
Lugtforhold	++	0 / -
Brand-og sikkerhedsforhold	++	- / - -
Arbejdspladsudformning	+	0
Flygtige komponenter i udsug	++	-

Tabel 1. Sammenligning af vand- og alkoholbaserede sværter

## Tørreteori

Tørring i luft afhænger frem for alt af luftens tilstand (relativ fugtighed, luftstrømningsforhold og temperatur). Derudover spiller også sværtens sammensætning og formmaterialet en rolle, og især om bærevæsken er vand eller alkohol.

På grund af forskellen i damptryk på alkohol og vand varer tørreprocessen længere i tilfældet med vandbaseret end ved alkoholbaseret sværte, typisk ca. 7 timer med vand og ca. ½ time med alkohol under samme omstændigheder.

Tørringsforløbet kan afbildes på 3 forskellige måder:

- Vægttabskurve som funktion af tørretid. Fig. 4
- Differentieret vægttabskurve som funktion af tørretid. Fig 5

- Tørrehastighed som funktion af fugtighedsindhold. Fig 6

For på en enkel måde at kunne redegøre for, hvordan sværterne opfører sig på, må man holde de ydre forhold konstante, f.eks. temperatur, lufthastighed og -fugtighed, varmestråling fra nærliggende flader.

Tørringsforløbetets tre faser ses tydelig på kurverne i fig4-6 og er tydelige på grund af deres afgrænsende knæpunkter.

Det første forløb (A-B) viser den tid, hvor sværten kommer i ligevægt med den omgivende luft. Normalt er denne tid kort medmindre, for eksempel, en kold kerne sættes i en varm form.

Det næste forløb (B-C) kendetegner en konstant tørringshastighed. Fugtmængden, der trækkes ud af formen, er lig med fordampning på overfladen. Dette fortsætter indtil det kritiske punkt C nås, hvorefter fordampningen ikke læ-

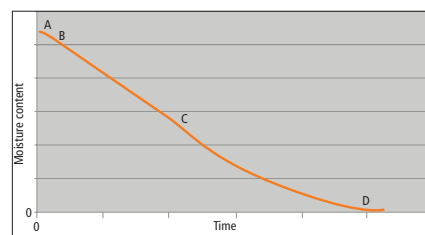


Fig. 4: Teoretisk tørreforløb: fugtindholdet mod tørretiden

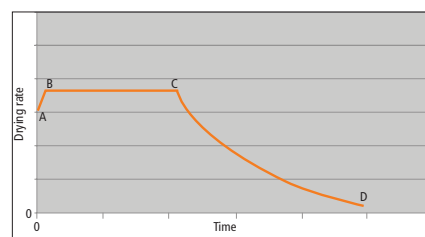


Fig. 5: Teoretisk tørreforløb: tørrehastighed mod tørretiden

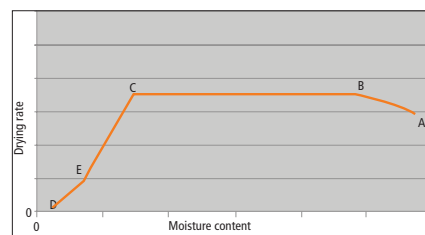


Fig. 6: Teoretisk tørreforløb: tørrehastighed mod fugtindholdet

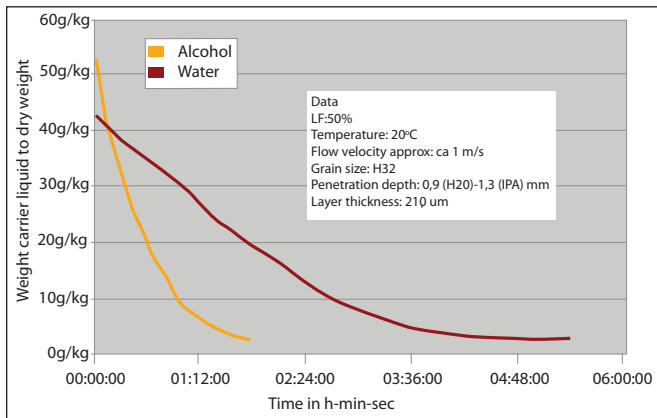
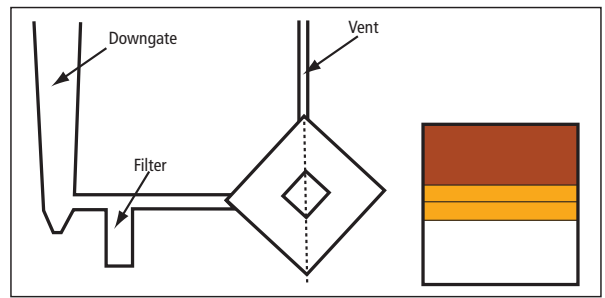


Fig. 7: Sammenligning af tørringstider for ren alkohol og vand.



neger er den kontrollerende faktor.

I det sidste forløb (C-D) går tørringshastigheden asymptotisk mod nul, da det bliver vanskeligere og vanskeligere at fjerne det sidste fugt fra materialet. Denne proces vanskeliggøres yderligere, når sværten ydere lag er tørret to-talt.

Et eksempel på en sammenligning af et tørringsforløb mellem et alkohol- og et vandsværtet kvartsandsmateriale er vist i fig. 7.

Hygroskopiske stoffer med et højt fugtighedsindhold, der skal tørres, har et tidsmæssigt forskelligt tørringsforløb sammenlignet med ikke-hygroskopiske stoffer. De ikke-hygroskopiske stoffer kan tørres ned til et fugtindhold på 0,

mens restfugtindholdet, som kan opnås i de hygroskopiske stoffer blandt andet afhænger af luftens relative fugtighed og formmaterialets adsorptionsegenskaber.

## Forsøg

For at klarlægge forholdene ved tørringsprocessen er der fremstillet en prøveopstilling, til at opnå sammenlignelige forhold ved udstøbning af prøveemnerne.

I denne prøveopstilling indsættes flere prøvelegemer (til bøjningprøvning) for at have ens betingelser, når prøverne udstøbes efter at være forsynet med forskellige sværtninger og tørringsforløb.

Ud fra disse prøveresultater udledes anbefalinger og retnings-

linier for det praktiske arbejde i støberiet. Der blev støbt i gråjern og sg-jern ved 1360 gr, 1400 gr og 1440 gr. Prøvelegemerne blev fremstillet af regenereret furansand (80%RS/20%NS) og afbundet med furanbinder (80% furfurylalkohol).

Prøveresultaterne fremgår af fig 9a-9e, der afbilder detaljeret støberesultaterne med medfølgende fejl.

Ved siden af forsøgene med forskellige fugtighedsindhold må der foretages en videre undersøgelse af forskellige sværter og påføringsmetoder.

Der blev udvalgt sværter med følgende basismaterialer:

- Aluminiumsilikat

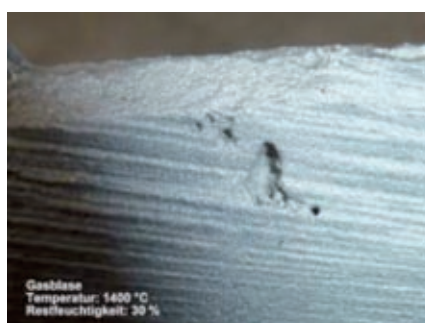
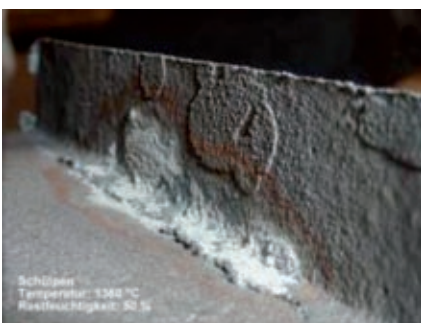
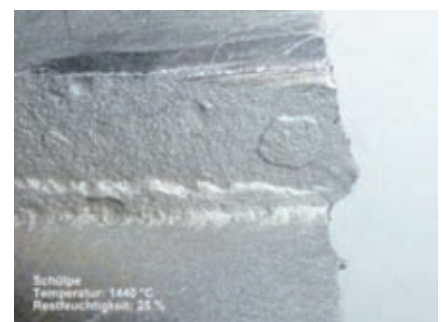
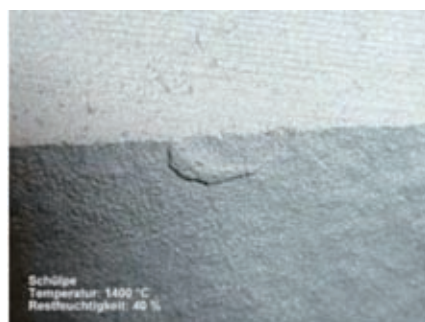


Fig. 9a-9e: Gods med fejl støbt i sand med 25-50% fugtighed.

- Aluminiumoxid
- Zirkoniumsilikat

Og som påføringsmetoder til sammenligning udvalgte:

- Skylning
- Dypning
- Pensling
- Sprøjtning

## Resultatvurdering

De tidligere nævnte støbefejl (blærer, klatter, pinholes) optræder, når fugtigheden i de yderst liggende lag af sværten og formen overstiger 20%. Denne restfugt, som kan måles med PCE-udstøret er årsagen til fejlene.

Når fugtigheden ligger under 20% optræder disse fejl sandsynligvis ikke mere. Da sværte med zirkonsilikat udviser de bedste tørningsegenskaber, blev der anvendt sværte med ren zirkonsilikat (SEMCO Zr 7300 B). Den blev påført i en sværtetykkelse på 0,250 mm (vådtykkelse), hvad der svarer godt til de praktiske forhold i et støberi.

Som det fremgår af fig. 10, er farveændringen mellem våd og tør sværte tydeligt at se. Dette er et tegn på, at sværten tørrer og er på vej til et restfugtindhold under 20%. Farveændringen Dette vises mere detaljeret i fig. 11.

I den følgende figur 12 ses, hvordan fugtighedsfordelingen over tiden forløber fra kanten og ind-

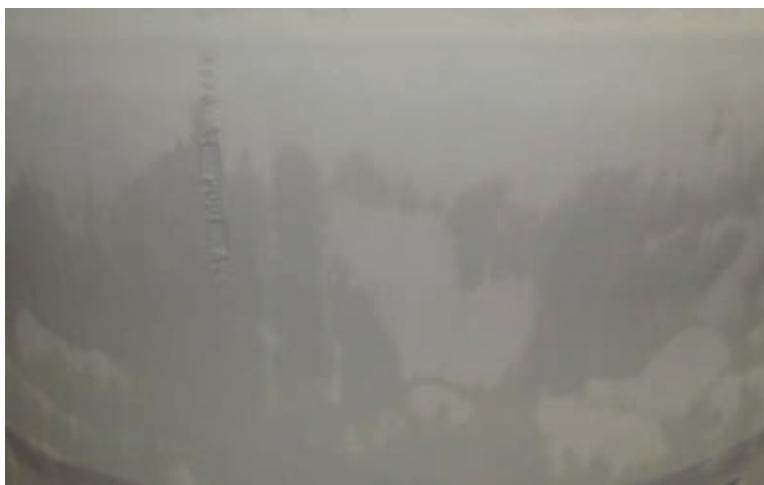


Fig. 11. Midterparti med tørre (lyse) og fugtige områder (mørke), som anskueliggør tørheden.

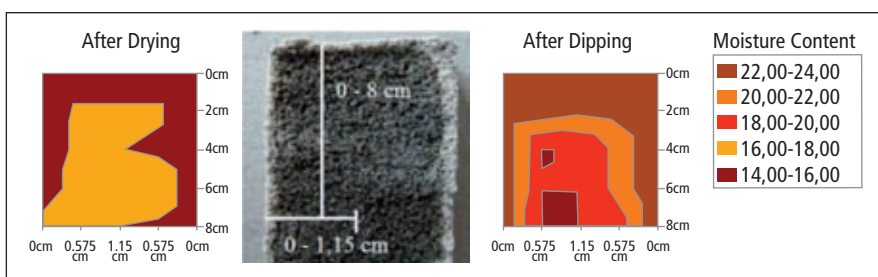


Fig. 12. Fugtighedsfordelingen hen over et kerneprøveværsnit.

efter. Til højre vises kerneprøven lige efter dypning, hvor overfladen har et højt fugtindhold, som bliver mindre mod midten. Den venstre prøve viser at fugtighedsforskellen mellem den indre og høje fugtighed og den lavere ved overfladen udligner sig med tørningstiden og til sidst opnår restfugtindholdet en gennemsnitsværdi på 15% over hele tværsnittet.

Tørringsforløbet afhænger stærkt af de forskellige påføringsmetoder.

Ved skylning og neddypning trænger sværten dybere ind i formmateriet. Den afprøvede sværte, SEMCO Zr 7300 B, trænger ca 2 mm ind i formmateriet. Derved er også vandet fra sværten trængt længere ind og tørringsprocessen forlænges derved



Fig. 10. Bøjeprøve med tydelig fugtig / mørkere midterparti.

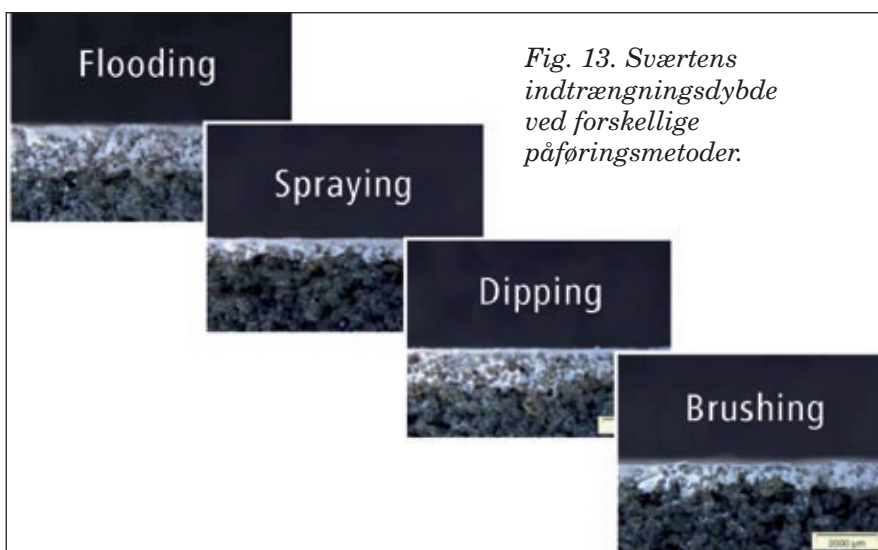


Fig. 13. Sværtens indtrængningsdybde ved forskellige påføringsmetoder.

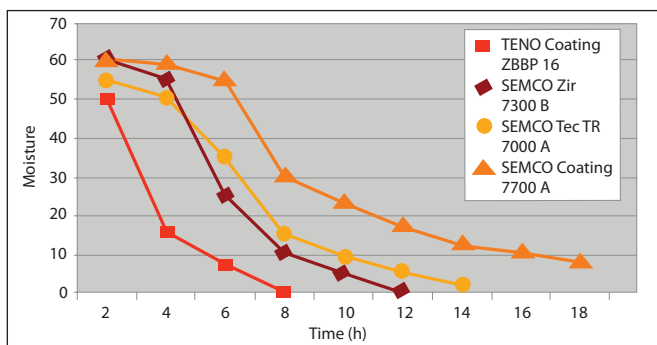


Fig. 14. Sammenligning af tørrehastighederne for forskellige sværter / fyldstoffer.

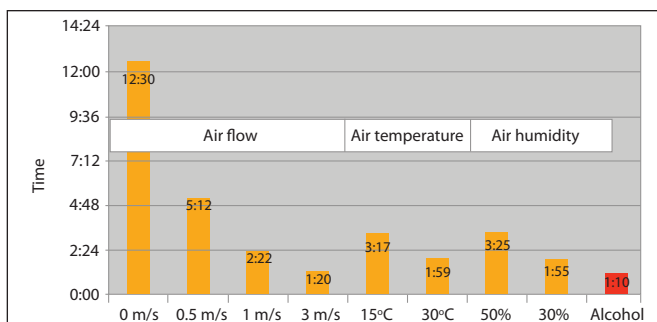


Fig. 15. De vigtigste tørreparametre og deres indflydelse.

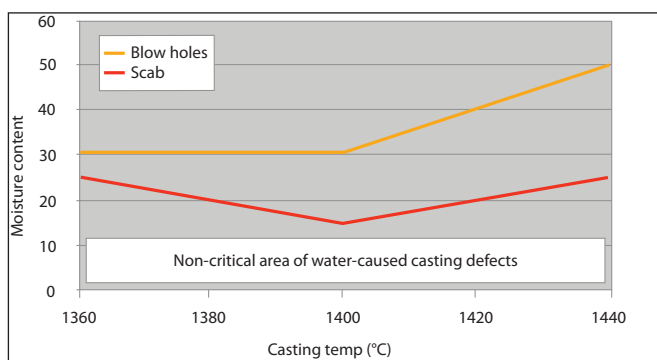


Fig. 16. Dannelse af støbefejl som funktion af fugt og støbetemperatur.

Ved sprøjtning og pensling ligger indtrængningsdybden under 1 mm og dermed bliver tørringsprocessen også hurtigere end ved neddykning og skylning.

Vær opmærksom på, at penetrationsværter, der anvendes til hård belastede områder, kræver ekstremt lange tørretider, og fuldstændig tørring tager ofte minimalt 24 timer.

Til information nævnes nedenfor tørringstider for den vandbaserede sværte SEMCO Zr 7300 B, våd lagtykkelse 0,250mm ved 20 gr C. Sværtens fugtindhold direkte efter påføring var 65%.

Overskylning	ca. 7 timer
Neddykning	ca. 8 timer
Pensling	ca. 4 timer
Påsprøjtning	ca. 6 timer

Herefter var formens overflade tilstrækkeligt afbundet og havde en restfugtighed på under 20%.

## Effekt af forskellige faststofkombinationer på tørringsforløbet

Ud over alkoholsværten Teno Coating ZBBP 16 blev tørringsforholdene for sværterne SEMCO Zir 7300 B (Zirkonsilikat), Semco Tec ZR 7000 A (Blandingssilikat) og Semco Coating 7700 A (Aluminiumoxyd) undersøgt og sammenlignet. Det bedste resultat blev opnået med zirkonsilikatsværten (fig. 14).

## Betydningen af omgivelsesbetingelser

Betydningen af omgivelsesbetingelser i støberiet for tørreprocessen anskueliggøres i fig 15. Den vigtigste faktor er luftens bevægelser og viser betydningen af forceret lufttørring. Yderligere hjælp til tørring er, hvis luften har en højere temperatur og et lavere fugtindhold.

## Konklusioner.

Efter vurdering af resultaterne med forskellige sværter brugt ved støbning af stål, gråjern og sg-jern, samt vurdering af andre faktorer der optræder i praksis, så kan følgende anbefales for arbejde med lufttørring af vandbaserede sværter:

1. Mål og styr restfugten i forme og kerner ved anvendelse af standardudstyr, fx en fugtmåler såsom PCE-fugtmåler.
2. Foranledig optimal luftbevægelse, evt forceret bebluftning, især i formens dybe lommer
3. Tilse at der er tilstrækkelig afstand mellem forme til tørring – god lufttilgang
4. Oprethold lufttemperatur over 20 gr C. Lavere temperatur forlænger tørretiden
5. Tilstræb at luften har ca. 30 % relativ fugtighed.
6. Anvend fortrinsvis sværter med zirkonsilikat eller blandingssilikater.
7. Øg mængden af faststof i sværten
8. Optimer påføringsmetoden.

## Støbeanbefalinger.

Af det følgende eksempel (fig. 16) fremgår det, at det for grå- og sg-jern kan anbefales at holde restfugtindholdet i forme- og kerneoverflader under 20 % og helst under 15 %. For stål gælder, at restfugtindholdet altid skal være under 15 %.

Da alle resultater i denne artikel er baseret på et begrænset antal forsøg, bør ethvert støberifastlæggelse sine egne kontrolgrænser for restfugtindholdet baseret på deres egne erfaringer med vandsværter og ikke mindst krav til godskvalitet.

Oversat af Knud Bryndum efter Foseco-publikation