

# Beregning af størkningsmodulet uden brug af en computer

Af Herbert Wolthoorn, Foseco AB

## Sammenfatning

Størkningsmodulet anvendes til at beregne en efterføders dimensioner. Størkningsmodulet, også kaldet godsmodul eller blot modul er et tal i cm, som er defineret som forholdet mellem emnets volumen og dets rumfang. Jo større tallet er, desto længere tid tager det godset at afkøle. En efterføder skal i princippet være længere flydende end godset, så en efterføder skal normalt have et modul, der er større end godsmodul.

Hvis godset har en simple geometrisk udformning, fx en terning eller en cylinder, er det nemt at beregne modulet. Hvis godset har en kompliceret eller sammensat udformning, hvad støbegods som regel har, kan beregningen blive lidt vanskelig at gennemføre.

Ved hjælp af en computer, 3 D-tegninger og det nødvendige program, fx MAGMASOFT, kan modulet af et kompliceret stykke støbegods nemt beregnes. Men ikke alle har tilgang til disse beregningsprogrammer, og der kan også opstå situationer, hvor det er påkrævet at kunne udføre en hurtig beregning af modulet uden tilgang til avancerede hjælpemidler.

I sådanne tilfælde ville det være en hjælp at kunne anvende en simpel beregningsmåde, der med lidt erfaring kan give brugbare resultater. I denne artikel gives et forslag til en sådan simpel beregningsmetode.

## Hvad er godsmodul og hvad bruges det til

Nicolas Chvorinov påviste i 1940 at størkningstiden af støbegods er

afhængig af godsets modul og en konstant, eller:

$ST = M^2 \times K$ , hvor  $M$  er godsets størkningsmodul og  $K$  en materialekonstant.

Materialekonstanten afhænger blandt andet af støbelegingen, formmaterialet og støbetemperaturen. For gråjern er konstanten ca. 3,4 og for SG-jern ca. 4,4.

Størkningsmodulet er defineret som godsets volumen divideret med det varmeafgivende overfladeareal, dvs.  $M = V/O$ . Modulets dimension bliver derfor  $cm^3/cm^2 = cm$ , altså en længdeenhed. Denne uvirkelige dimension gør det muligt at sammenligne størkningstiden af forskellige geometrien. Således har to stykker gods med forskellige støbevægte men med samme modul ens størkningstid. Og to stykker gods med samme vægt men med forskelligt modul har forskellige størkningstider. For eksempel kan et 10 kg stykke støbegods være udformet som en kugle med en diameter på ca. 14 cm eller en 1 cm tynd plade på 30 x 50 cm. Modulet for kuglen og pladen kan beregnes til hhv. 2,3 og 0,5. Støbt i SG-jern bliver størkningstider således  $2,3^2 \times 4,4 = 23$  minutter og  $0,5^2 \times 4,4 = 1,1$  minut (fig. 1). Dette er selvfølgelig ikke

en epokegørende nyhed for dem, der har deres daglige gang i støberiet, men det illustrerer letbegribeligt, hvad en modulbegrebet betyder og hvad det kan bruges til.

Godsmodul bruges først og fremmest til at beregne dimensionerne på en efterføder. Godsmodul er et tal i cm, og jo større tallet er, desto længere tager det godset at afkøle. En efterføder skal i princippet holde sig længere flydende end godset eller den sektion, der skal efterfødes, og derfor har en efterføder et modul, der er større end gods/sektionsmodulet. Hvordan en efterføder beregnes vil vi dog ikke komme ind på her.

## Modulberegning

Modulberegningen omfatter en volumen- og en overfladeberegning af et stykke støbegods. Når godset har en simpel form, fx en cylinder er det nemt at beregne modulet, fx ved hjælp af fig. 2. Modulet for en massiv cylinder beregnes således blot ved at dividere cylinderens diameter (i cm!) med 4. En Ø 56 mm massiv stang har således et modul på  $5,6/4 = 1,4$  cm.

Hvis godset er kompliceret kan det være vanskeligt at beregne modulet af selve godset. Man kan

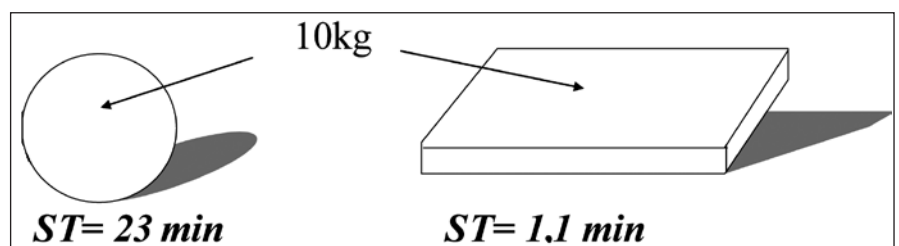


Fig. 1: Størkningstiden  $ST$  for en kugle og en plade med samme vægt.

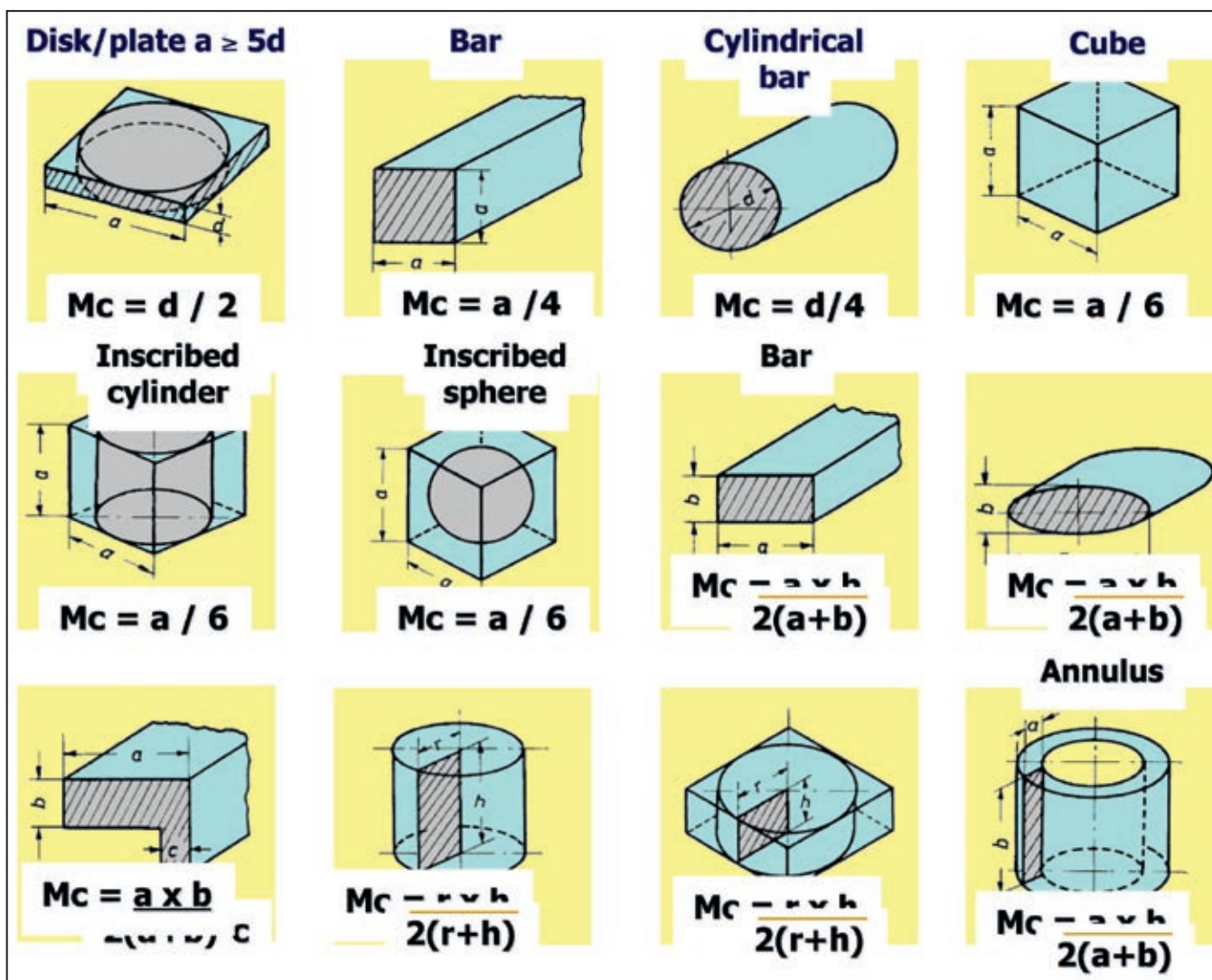


Fig. 2: Moduler af simple geometriske forme

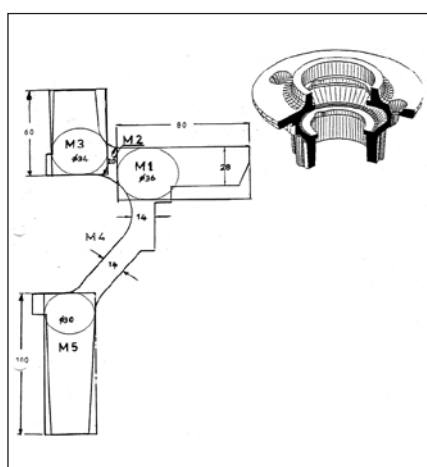


Fig. 3: Opdeling af gods i sektioner.

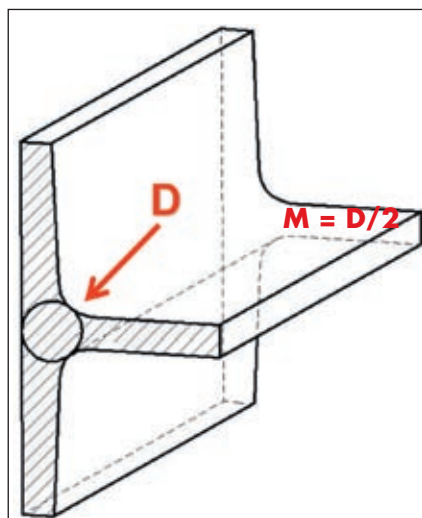


Fig. 4: Simple modulberegning.

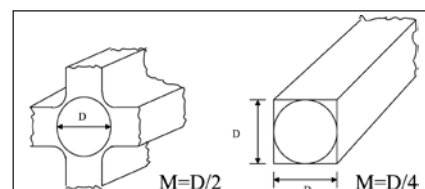


Fig. 5: Modul af kompliceret og simpel form med samme værdi for D.

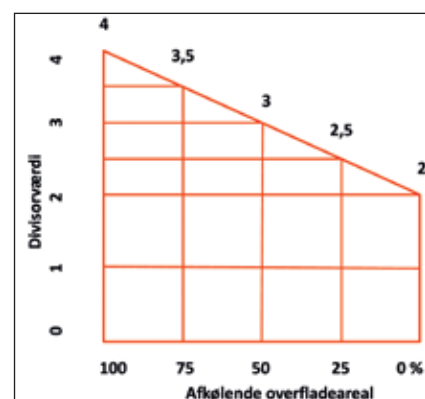


Fig. 6: Diagram med divisorværdier.

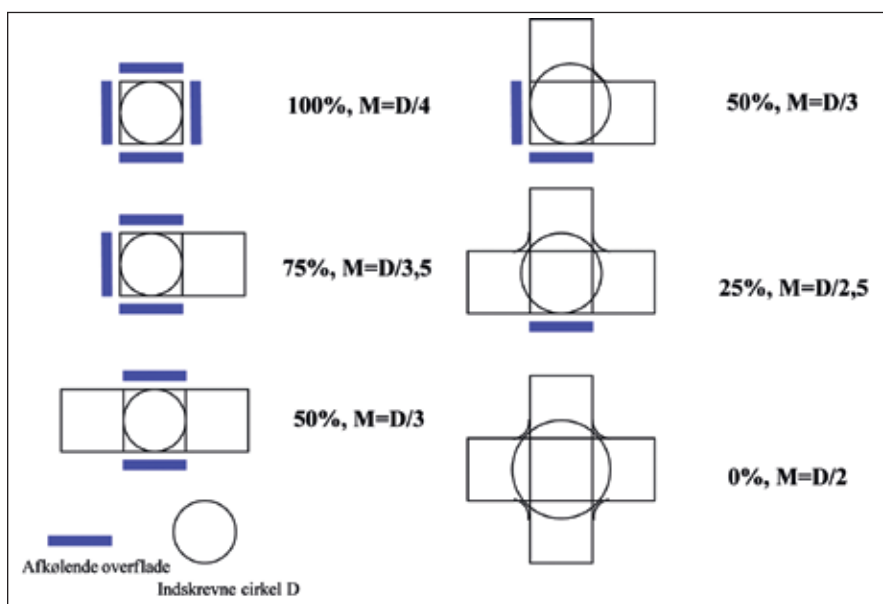


Fig. 7: Divisorværdier for forskellige godstværsnit.

dog opdele godset i geometriske sektioner og beregne modulet for den sektion eller de sektioner, der skal efterfødes (fig. 3).

En nem og meget anvendt beregningsmetode er at bruge "den indskrevne cirkel D". Modulet beregnes i så fald som den indskrevne cirkel divideret med den erfaringsmæssige værdi 2 ( $M=D/2$ , fig. 4). Ulempen ved denne metode er, at divisorværdien (tallet under brøkstregen) ikke tager hensyn til de afkølede overflader. I en simpel sektion, fx et stangprofil, er metallet i den indskrevne cirkel 100 % omgivet af kølende flader, mens

det tilsvarende metal en kompliceret sektion er i direkte kontakt med færre eller ingen afkølede flader. Hvis den indskrevne cirkel i T-profilet i fig. 4 er 5 cm bliver modulet 2,5 cm. Men det er klart, at en  $\varnothing$  50 mm stang må have et betydeligt mindre modul, størkningstiden vil jo være betydeligt kortere end for et T-profil, der som figur 4 viser, kun har direkte kontakt med få kølende flader.

Vi kunne derfor tage to ekstremer, nemlig et tværsnit, hvor 4 sektioner støder sammen og en stang, hvor ingen sektioner støder sammen. Til den mest komplice-

rede sektion anvendes  $M=D/2$ , mens modulet for den mest enkle sektion bliver  $M=D/4$  (jf. fig. 2). Ved interpolation er det nu muligt at tegne et diagram, der angiver divisorværdier fra 4 til 2 (fig. 6).

Diagrammet kan således anvendes til at vælge en tilnærmelsesvis rigtig divisorværdi for forskellige tværsnit (fig. 7). Et stykke stangods repræsenterer som sagt et tværsnit med 100 % afkølede overflade og har derfor en divisorværdi på 4; modulet bliver således  $M=D/4$ . Den indskrevne cirkel i en plade har kun 50-75 % afkølede flader og får derfor en divisorværdi på 3,5-3. En vinkelsektion har ligeledes kan 50 % afkølede overflade, og modulet bliver derfor  $M=D/3$ . I fig. 7 er de forskellige tværsnitmuligheder vist, således at der til ethvert godstværsnit hurtigt kan udregnes et tilsvarende modul.

Det er klart at enhver modulberegningmetode har sine fejl og mangler, og derfor bør enhver metode afprøves og tilpasses efter praksis og erfaring. Men i mange tilfælde kan en nem metode, som bruges konsekvent, være lige så godt som en kompliceret metode, der bruges inkonsekvent eller slet ikke.

I et senere nummer af støberiet gennemgås en simpel beregning af efterfødere.