

Plast Teknologi

Udvalgt sektion

Konstruktion af forme

Materialer til tormoform-forme

Ved fremstilling af forme anvendes følgende materialer:

- Gips, uforstærket eller forstærket med glasfiber (oftest kun til skue-modeller)
- Træ ved små serier af prøveemnet
- Polyurethanstøbemasse til modeller og prøver
- Epoxystøbemasse til produktionsværktøjer til små serier
- Luftgennemtrængelige plader af aluminiumfyldt epoxystøbemasse
- Støbemasse med tempereret aluminiumkerne
- Aluminium i form af plader, keramik-/støbealuminium eller sand-/aluminiumstøbemasse

I de følgende kapitler gennemgås formmaterialerne yderligere

Træ

Til fremstilling af afstøbningsmodeller kan alt træ anvendes. Til fremstilling af træforme til prøveemner anvendes hårdt, finporet massivtræ med lille tendens til varmerevner fx ahorn. Forme af træ skal ikke lake-res, derimod kan man påføre blød sæbe som pleje- og slipmiddel.

Støbemasse

Støbemasseforme fremstilles i forskellige varianter.

Støbning med støbemasse i det "negative" af en model er en metode, der er egnet op til et volumen på 2.000 cm³ og formhøjde på maksimalt 40 mm. Negativen kan være af gips, træ eller silikonegummi.

Kerne med støbemassebelægning

Først fremstilles en kerne af et porøst materiale. Kernen bliver så lagt sammen med udgangsmodellen og omstøbes med støbemasse.

Støbemasse	
Fordele	Ulemper
Høj afbildningspræcision	Dårlig varmeledning
Let og hurtig at arbejde med	Svær at temperaturstyre
Ingen svindproblemer	Holdbarheden aftager med stigende temperatur
Oftest ingen holdbarhedsproblemer	

Aluminium

Aluminium er det mest anvendte materiale til termoform-forme. Fordelen ved aluminium er god varmeledningsevne og god bearbejdelighed. Samtidigt kan man ved visse legeringer opfylde selv meget store styrkekrav. Moderne CNC-fræsemaskiner anvendes i dag i stor udstrækning til fremstilling af forme. Sand- eller keramikstøbte aluminiumforme bør kun anvendes, hvor der er besparelse ved det. Fremstillingsforløb ved støbte aluminiumforme:

- Fremstilling af en model – oftest af træ. Modellen skal have en over-størrelse, der tager højde for både støbegodsets 1,2 % og plastens 0,2-5 % svind.
- Fremstilling af en støbeform i sand eller keramik ud fra modellen
- Afstøbning af støbeformen med aluminiumstøbegods
- Pudsning og boring af sugehuller samt eventuelt yderligere spåntagende bearbejdning

Stål

Stål bliver på grund af materialets styrke/hårdhed hovedsageligt anvendt til kombinerede form- og stanseværktøjer.

Specialmaterialer

Der findes materialer, der tillader luftgennemgang. Fx findes et alumini-umstøbegods fyldt med epoxytøbemasse samt forskellige sintermetaller. Luftgennemtrængeligheden medfører, at man undgår at bore vakuumhuller. Man må dog undersøge, om materialerne har den nødvendige styrke, så de ikke brækkes af under afformning.

Udformningsregler for termoform-forme

Formstørrelse

Man skal under konstruktionen af formen tage hensyn til det svind, der optræder ved de forskellige materialer. Man kompenserer for svindet ved at lave formen tilsvarende større. Ikke alle materialer har samme svindprocent i både ekstruderings- og maskinretningen.

Slipvinkler

Plastmaterialet svinder under formningsprocessen, ved positivforme ind mod formen, ved negativforme væk fra formen. Ved negativform findes afformningsfordelen ved "væksvindet" fra formen kun ved simple étstyks-forme. Ved flerstyksforme kan afformningsproblemet sammenlignes med problemet ved flerstyks-positivforme, da materialet vil krybe omkring adskillelsesvæg-gene.

Regler for slipvinkler

Slipvinkler skal altid være så store som muligt, specielt ved positivforme.

Man bør ved positivforme ikke gå under 3° . $0,4^\circ$ regnes for det absolut minimale. Hvis slipvinklen skal være mindre, må man anvende løse ilægningsdele.

Enkeltstyks-negativforme kan om nødvendigt laves med en slipvinkel ned til 0° . Ved flerstyksforme gælder samme regler som ved positivforme.

Slipvinklen ved narvede materialer er afhængig af narvdybden.

Hvis formen er meget ru, kan det medføre, at slipvinklen skal være større.

Radier

Radier (R) i negativformning skal altid vælges, så plastpladen kan komme i fuld formkontakt. Hvis der

ikke opnås formkontakt, vil varmeafgivelsen i området være væsentligt dårligere, og køletiden må forlænges. Dertil kommer, at der kan optræde deformationer i emnet på grund af de svindforskelle, der opstår mellem de hurtigt og langsomt kølede områder. Et emne, der ikke har formkontakt i en "negativ radius" har ikke en reproducerbar kant, men en kant, der varierer med pladetemperatur og vakuum. Som grundregel bør radius for et emne med middel fuldformethed være:

$$R = 1,5 \times \text{pladetykkelsen } s$$

Det er lettere at lave skarpe kanter øverst på positivforme end i bunden af negativforme.

Overfladeruhed på formen

De bedste formningsresultater opnås med sand-/glasblæste forme. For glatte overflader forhindrer luftafgangen mellem emne og form. Det fører til luftindeslutninger, der viser sig som runde eller bølgede mærker på emnet (ses bedst på formsiden).

Friktionen mellem form og emne på flader, hvor der er kontakt under strækningen af pladen og formningen, har indflydelse på godsfordelingen.

Kanter, som materialet skal glide over, kan rives op i glideretningen med smergellærred, og hjørner på høje positivforme kan poleres.

Ved fremstilling af glasklare emner, hvor man for at bevare pladeoverfladen så glat som muligt ikke ønsker formkontakt, formes pladen bedst over en skeletform, hvor formkontakt er umulig i de områder, hvor emnet ønskes klart. Man kan også forsøge at lave luftindeslutninger ved at lave dårligt sug på de steder, hvor emnet skal være klart. Hvis det ikke er muligt, må man i stedet polere formen i områderne. Træforme må ikke lakeres, tykke laklag revner og rives af. Glatte lak-lag fører til luftindeslutninger, og man får dårlige friktions- og glideforhold for pladen. Træformen kan i stedet pensles med slipmidler, der trænger ind i træet. Det gør træet hårdt og giver gode friktionsforhold.

Sugehuller

Antallet og størrelsen af sugehuller og/eller -spalter skal være stort nok til at sikre hurtig luftafgang, men må på den anden side ikke give emnet mærker.

Sugehullerne placeres altid der, hvor pladen rører formen sidst, samt på flader, hvor der kan opstå luftindeslutninger.

Kvaliteten af suget kan kontrolleres ved en simpel test. Hvis vakuummaskinen er udstyret med et

vakuummeter (skala fra 0 til $-1,0$), må der med tilsluttet vakuum og monteret form, men uden plade, ikke være værdier mindre end:

- $-0,2$ ved store forme
- $-0,3$ ved små forme

– forudsat at maskinen med vakuum sluttet til, men uden form monteret, viser $-0,2$.

Sugehuller	
Sugehulsstørrelse	Anvendelsesområde
Sugehuller fra 0,4-0,5 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Til negativforme med høj fuldformethed • Plader med fin narv • Til PP og PE ved trykformning over materialernes krystallinske smeltepunkt
Sugehuller fra 0,5-0,6 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Normal størrelse ved trykformning • Til PP og PE ved vakuumformning • Til følsomme områder ved vakuumformning, højglansområder
Sugehuller 0,8 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Normal størrelse til vakuumformning
Sugehuller 1,0 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Til tykke plader fra 6,0 mm. Ikke til PP og PE-plader
Sugehuller fra 1,0-1,5 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Til opskummede plader
Sugespalter fra 0,2 til 0,3 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Til PP og PE i alle pladetykkelser, hvis formsiden bliver emnets skueside.
Sugespalte 0,5 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Normal størrelse til vakuumformning
Sugespalter fra 0,6 til 0,8 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Anvendes, hvor der er brug for meget hurtig evakuering af luften, hovedsageligt til hurtigløbende rulleautomater, dog ikke ntil PP og PE.

Hulrum

Store hulrum, der hovedsageligt findes ved positivforme, skal fyldes op med fx træstykker for at forkorte den tid, det tager at suge formen tom for luft. Ved konstruktion af formen skal man tage hensyn til de

belastninger, formens flader udsættes for, når der suges vakuum. Om nødvendigt må man afstive flader, hvor godstykkelsen bliver for lille.

Temperaturstyring af forme

En form har ikke kun til opgave at formgive emnet, men også at køle materialet, til emnet er formstabil. Fremstilling af ensartet emnekvalitet kræver, at formen holdes på konstant formtemperatur. Ved plademaskiner bliver form og om nødvendigt også spændrammen temperaturstyret via separate enheder. Forme tempereres normalt med vand. Temperaturstyrrings—aggregeret varmer vandet op via elektriske varmespiraler og køler via varmeveksling med ledningsvand eller kølevand. Med vand kan man i et lukket kredsløb med et overtryk på 5 bar nå temperaturer på op til 150 °C. Ved rulleautomater køles form og rammer via et køleaggregat, der også normalt anvender vand som kølemedie.

Fordele ved tempererede forme

- Indkøring med form, der har korrekt produktionstemperatur. Dette medfører mindre indkøringsbrok.
- Kortere køletider/cyklustider
- Emnedeformationer og fuldformethed er bedre kontrollerbar.
- Bedst mulige reproducerbarhed

Tempereringsmetoder

Aluminiumforme kan køles direkte eller indirekte. Direkte køling sker gennem et kanal- eller rørsystem, der er indbygget i formen, fx indstøbte rør, fræste kanaler, ilagte kobberrør og lignende. Indstøbte rør har meget god køleeffekt, men på grund af deres relativt upræcise placering kan de skabe problemer ved senere efterbearbejdning af formen. Her tænkes specielt på boring af sugehuller. Indirekte køling sker over en køleplade, på hvilken formen monteres. Derved overføres der varme fra formen til kølepladen. Hvor effektiv denne overførsel er, afhænger meget af, hvor stor kontaktfladen mellem formen og kølepladen er og af de til form og køleplade anvendte materials varmeledningsevne. Ved indirekte køling af forme skal kontaktfladen helst være så stor og så jævn som muligt. Samtidigt skal overfladen være så glat som muligt for at opnå god kontakt. Ved fastgørelse af formen skal der anvendes tilstrækkeligt mange skruer eller bolte, så den får godt anlæg på kølepladen. Man kan komme varmeledende pasta ind mellem form og køleplade, så små ujævnheder som fræsessor og lignende ikke

får isolerende effekt.

Stor temperaturforskelle mellem form og køleplade er tegn på dårlig varmeovergang, og dermed at kølingen fungerer dårligt.

Ved alle ønskede temperaturer, men specielt, når man ønsker at have høj formtemperatur (fx ved PC, hvor formtemperaturen skal være ca. 120 °C), er det vigtigt, at tempereringsanlægget og specielt slanger, koblinger osv. er beregnet, dimensioneret og velegnet til op-gaven. Skoldning med så varmt vand eller olie kan være livsfarligt.

Dimensionering af formfladen

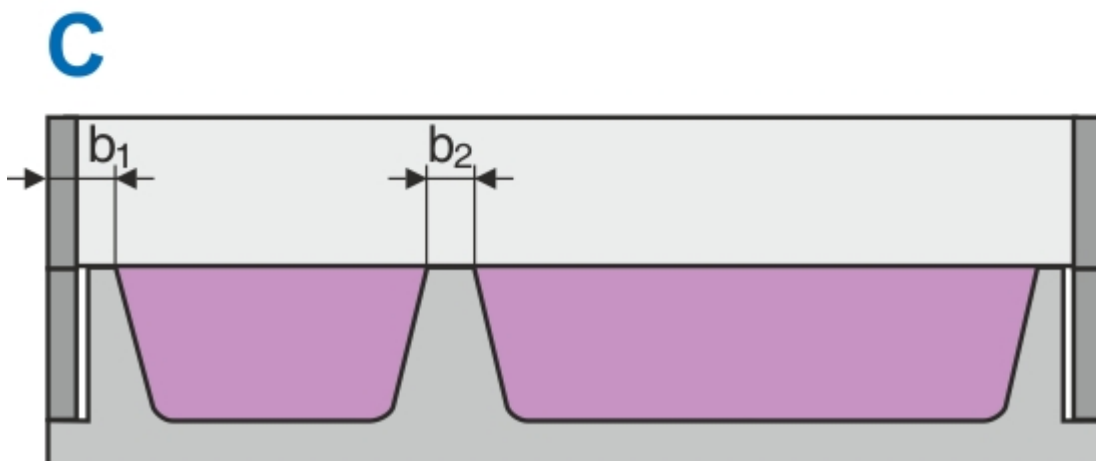
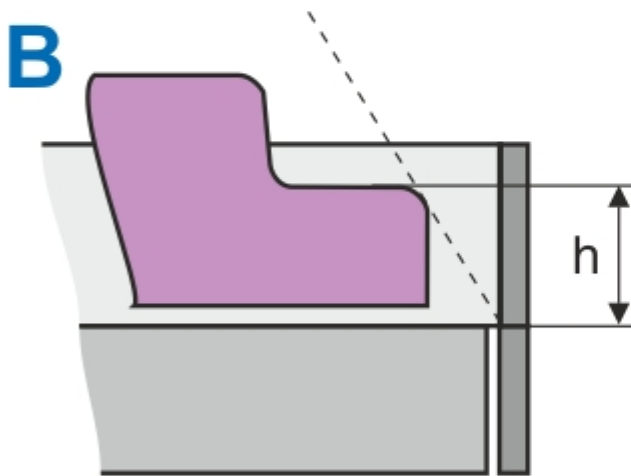
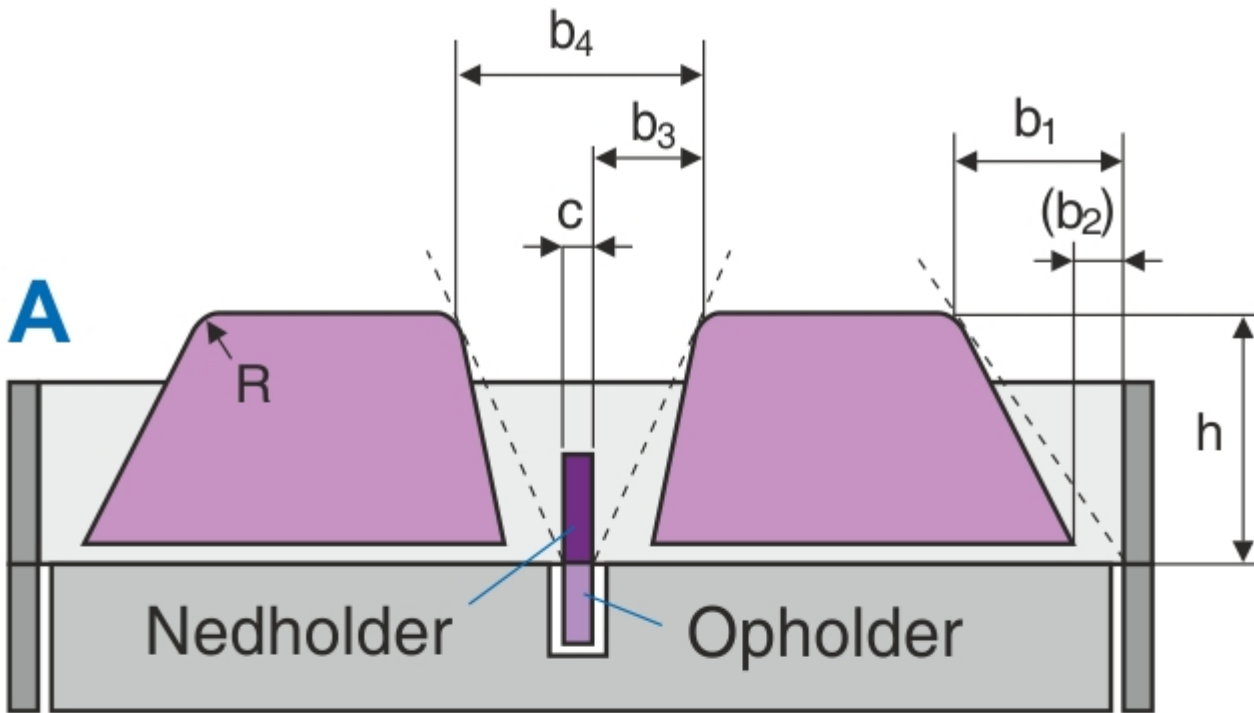
Afstanden mellem formdele og spændramme er vigtig, ligesom afstanden mellem enkelte formsegmenter er det. Den nødvendige afstand kan ikke beregnes efter en generel formel, da den er afhængig af de enkelte formmål, emneform, materiale og kvaliteten af arbejdet.

For positivforme med en højde op til 200 mm kan den nødvendige afstand beregnes efter følgende tommelfingerregel:

$$b_1 = (0,25-0,33) \times h$$

For positivforme med en højde op til 200 mm kan den nødvendige afstand beregnes efter følgende tommelfingerregel:

h er den teoretiske højde, der kan findes som vist på figuren til venstre. Det handler om det sted på formen, hvor en tangent tegnet fra spændrammen først berører formen. Den teoretiske højde af formen er i dette tilfælde ikke det samme som den faktiske højde af formen.



Dimensionering

A. For forme op til 200 mm høje B. Fastlæggelse af den teoretiske formhøjde

Samtidigt gælder det altid, at:

$$b_2 > 1,5 \times \text{pladetykkelsen } s$$

Afstanden mellem form og nedholder b_3 beregnes som b_1 :

$$b_3 = (0,25-0,33) \times h$$

Bredden af nedholderen c skal være så stor, at denne ikke deformeres under brug. Afstanden b_4 kan så beregnes:

$$b_4 = 2 \times b_3 + c$$

For forme, der er under 20-30 mm, kan man se bort fra nedholderen, hvis afstanden b_4 er stor nok. Da gælder, at:

$$b_4 > 1,5 \times \text{formhøjden } h$$

For alle forme gælder, at man på baggrund af erfaringer eller forsøg kan afvige fra disse regler.

For negativforme gælder følgende tommelfingerregel:

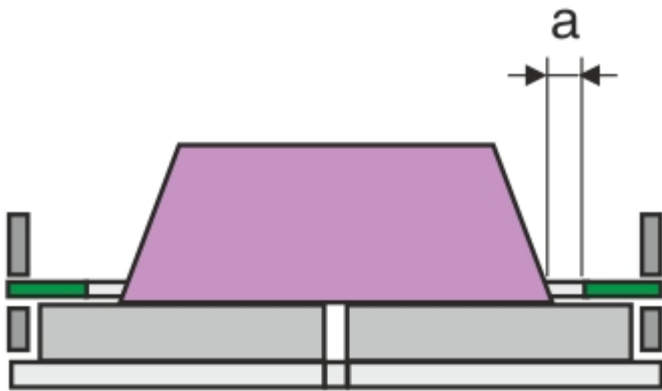
$$b_1 > 1,5 \times \text{pladetykkelsen } s$$

b_2 er ikke begrænset af noget formningsmæssigt.

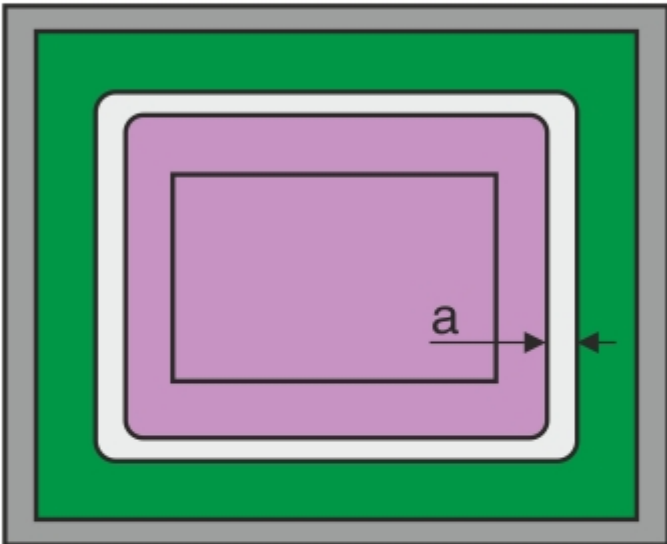
Formens vægtykkelse ved b_1 og b_2 skal vælges sådan, at varmen kan transporteres væk inden for køletiden. For tynde vægge kan føre til forlængede cyklustider.

Fremstilling af konturblænder til positivforme

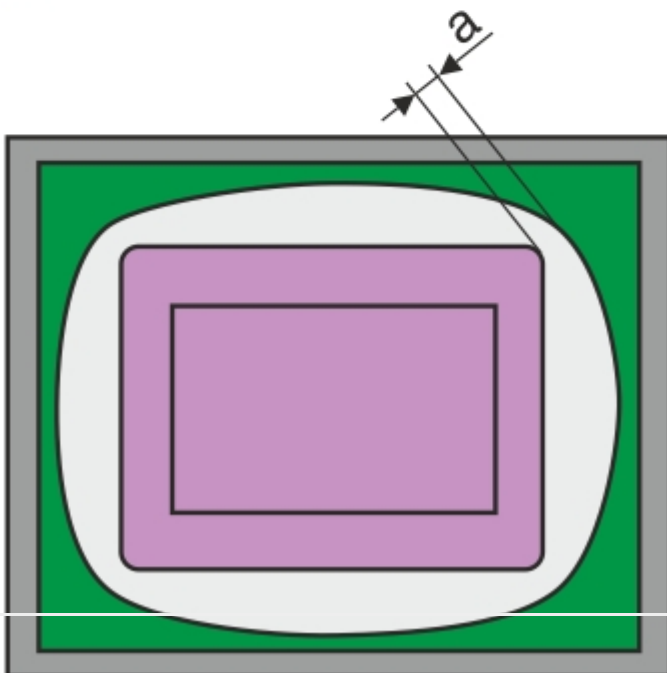
Med en konturblænde kan formningsarealet formindskes under formningen. En konturblænde fastgøres til spændrammen sådan, at pladen under strækning holdes nede i højde med spændfladen. Figur A viser en blænde, der er monteret på spændrammen.



A



B



C

Figur A viser en blænde, der er monteret på spændrammen. Der kan vælges mellem to forskellige typer konturblænde:

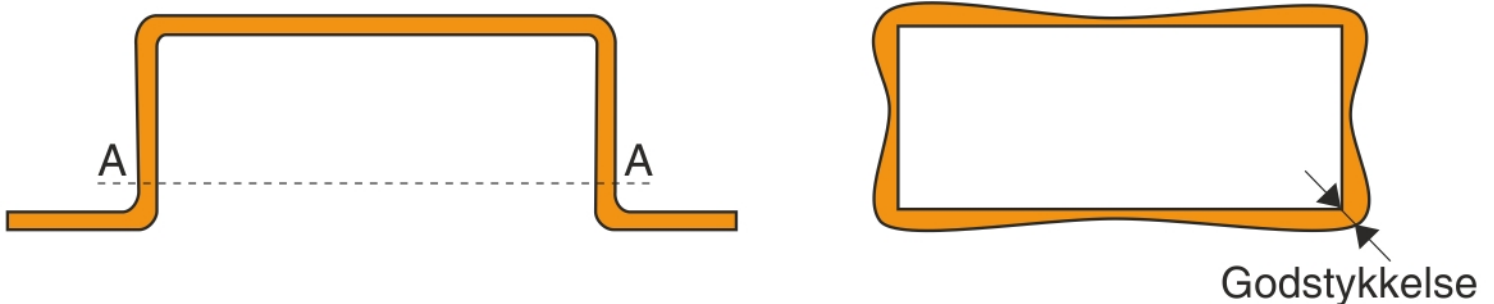
- En, der har samme afstand mellem blænde og form hele vejen rundt (figur B). Det er løsningen, hvis man ønsker en regelmæssig, tyk kant. Afstanden a i figur B beregnes som:

$$a = 1,5 \times \text{pladetykkelsen } s + (3-6) \text{ mm}$$

Ulempen ved denne blændetype er det meget lille pladeareal, der anvendes, hvorved man får meget høj formningsgrad og relativt tynde sider på det positivt formede emne.

- En oval blænde, der anvendes til en positivform med vinkelrette hjørner i spændfladen (figur C), forhindrer hjørnefiner (folder). Afstanden a kan også her beregnes som ved figur B.

Fordelen ved at anvende en oval konturblænde er det større pladeareal, man anvender ved formningen og den dermed forbedrede godstykkelse. Ulempen ved ovale konturblænder er, at godstykkelsen bliver uregelmæssig.



Uregelmæssig godstykkelse ved brug af ovale konturblænder

Snit A-A angiver, hvor godstykkelsen betragtes i figuren til højre.