

Plast Teknologi

Udvalgt sektion

Opvarmning

Der stilles bestemte krav til opvarmning af plastpladen på plademaskiner ved termoformning.

Jævn temperaturfordeling på plastoverfladen skal tilstræbes uafhængigt af maskintype og emne.

Formningstemperaturområdet er relativt stort for de fleste plastmaterialer, men for at opnå et godt formningsresultat må man sørge for, at plastpladen har minimal temperaturvariation.

En ønsket temperaturvariation ved opvarmning af pladen kan være nødvendig ved formning af visse emner. Ved fx forblæsning af to eller flere bobler ved samme formning (flerestyksform), hvor boblerne skal have forskellig højde og/eller forskelligt areal, kan en temperaturforskelle være fordelagtig.

Ved store emner med formningsforhold H:B > 1:3 kan godsfordelingen ændres, ved at pladen opvarmes forskelligt i visse områder. Man kan arbejde effektivt med en variation i opvarmning af pladen, hvis dens længde og bredde er tre gange større end varmelegemestørrelsen.

Det er nødvendigt med god og ensartet gennemvarmning ind gennem pladens tykkelse for at opnå god fuldformning af emnet. Ved intensiv og hurtig opvarmning af tykke plader (fra ca. 4 mm) kan pladens overflade blive termisk skadet, inden pladens midte er oppe på formningstemperaturen.

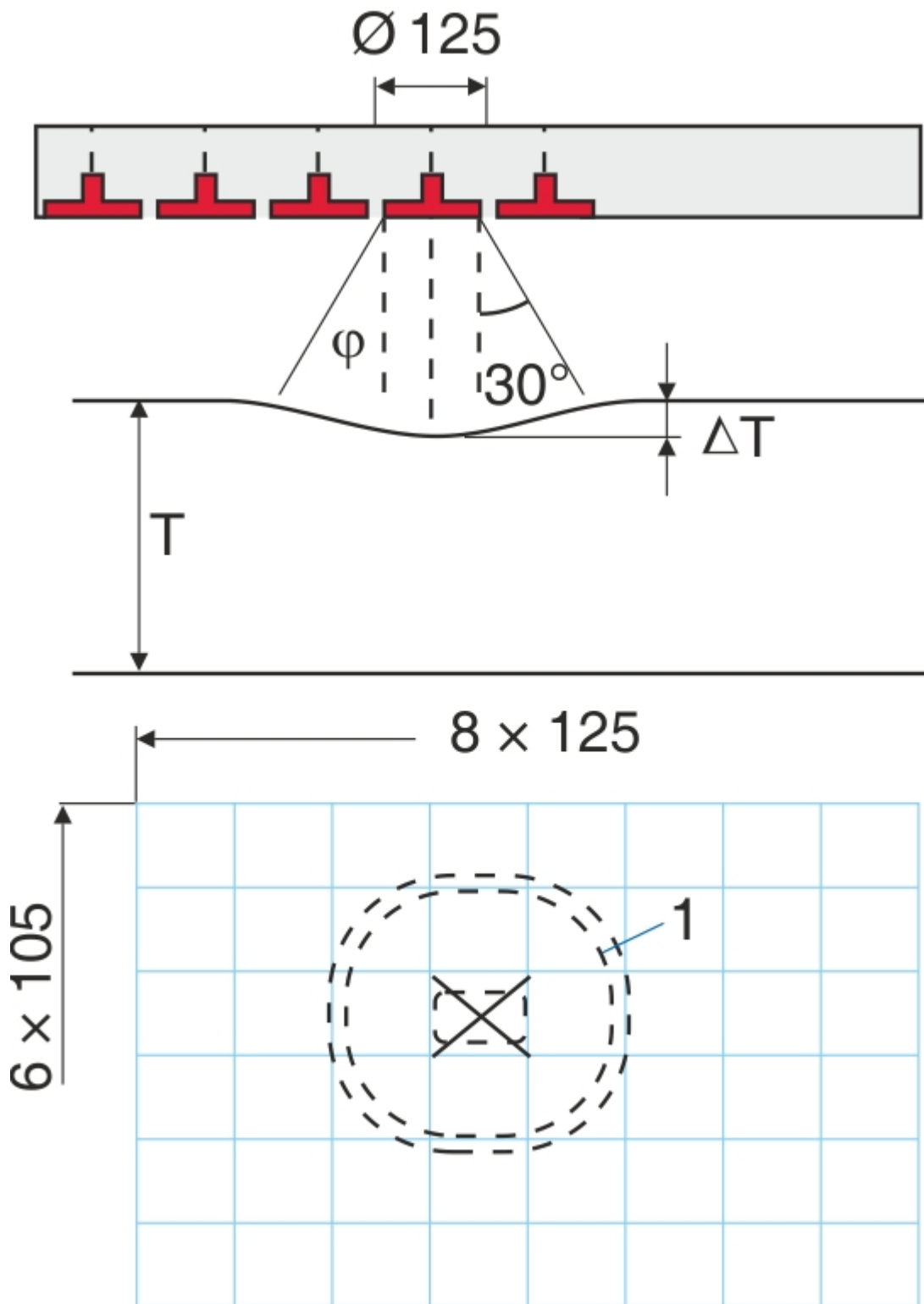
For at opnå ensartede emner må varmebilledet være ens fra første til sidste emne.

Den varme (effekt), der kan overføres til plastpladen, afhænger af følgende faktorer:

- Den maksimale stråletemperatur er afhængig af tilslutningseffekten. Jo højere stråletemperatur, des kortere opvarmningstid.
- Den overførte varmemængde bliver større, jo kortere afstanden mellem pladen og varmeelementet er. Jo kortere afstand, des kortere opvarmningstid.
- Den overførte varmemængde og regelmæssigheden af opvarmningen stiger med den del af varmepladen, der varmer, i forhold til hele varmepladen. Hvis der er afstand mellem varmeelementerne, bør dette "hul" i varmepladen fjernes ved hjælp af en reflektor. Ingen reflektor kan reflektere 100 %, og de taber yderligere i effektivitet, i takt med at de bliver snævset.
- Varmeelementoverfladen skal være af et materiale med høj udstrålingsfaktor.
- Den overførte varmemængde afhænger desuden af:
 - Refleksionsgraden, der er afhængig af varmestralernes bølgelængde og plastpladens/foliens type og farve.
 - Transmissionsgraden, der er afhængig af varmestralernes bølgelængde og plastpladens/foliens type, farve og tykkelse.
 - Absorptionsgraden, der er den del af den tilførte varme, der bliver i plastpladen/folien. Den reciprokke værdi af absorptionsgraden (1/absorptionsgrad) kaldes indtrængningsdybden.Den beskriver den afstand, hvor intensiteten af den tilførte

varme er faldet til 37 %. Værdien er meget afhængig af varmestrålernes bølgelængde og af plasttypen.

Størrelsen af den bestrålede flade har også betydning. Varmeelementet opvarmer ikke kun materialet lige nedenunder sig, men udstråler ligesom en elpære uden reflektor i alle retninger.



Størrelsen af det område, et varmeelement påvirker

Øverst: Set fra siden Nederst: Set fra oven 1 = det område, der påvirkes i praksis φ = strålingsvinkel T = pladetemperatur ΔT = den opnåelige temperaturforskul på pladen med en standardvarmeskærm

Der er altså ikke tale om nogen fokuseret stråling. Derfor er afskærmningen af varmepladen vigtig. Alle områder af plastpladens overflade bliver opvarmet af samtlige varmeelementer i varmepladen, så længe de ikke er afskærmet eller fokuseret. Det gælder derfor, at slukning af et varmeelement virker over hele pladen, dog med den største virkning umiddelbart under varmeelementet. Temperaturforskellen er størst under midten af det slukkede varmeelement og aftager, jo længere man kommer ud. I praksis slutter påvirkningen på pladen efter en vinkel på 30°. Et slukket varmeelement bliver opvarmet af dets naboer og vil så stråle med den temperatur, som den har opnået.

Opvarmningsmetoder

I dag anvendes tre forskellige opvarmningsmetoder:

- Strålevarme:
 - Keramiske varmeelementer
 - Kvarts-varmeelementer
 - Halogen-varmeelementer
 - Gas-varmeelementer
 - Kontaktopvarmning
 - Konvektionsopvarmning (varmluftsovn)
- Keramiske varmeelementer er langt de mest anvendte.

Sammenligning af de forskellige varmeelementtyper

Væsentlige forskelle mellem keramiske, kvarts-, halogen- og gas-varmeelementer

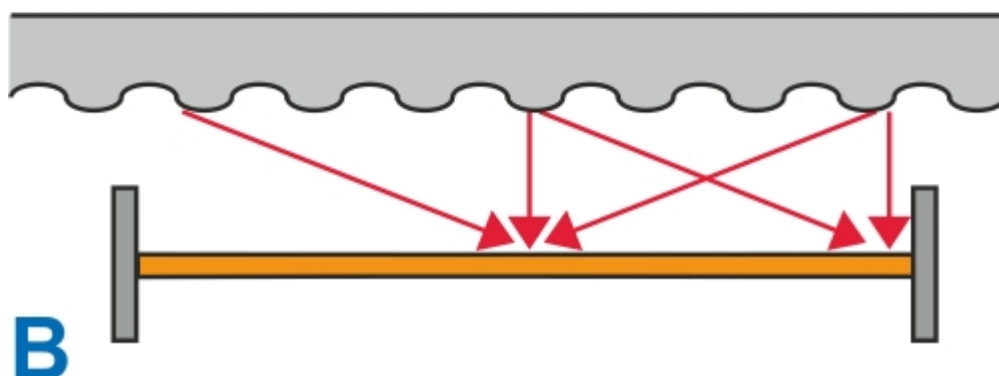
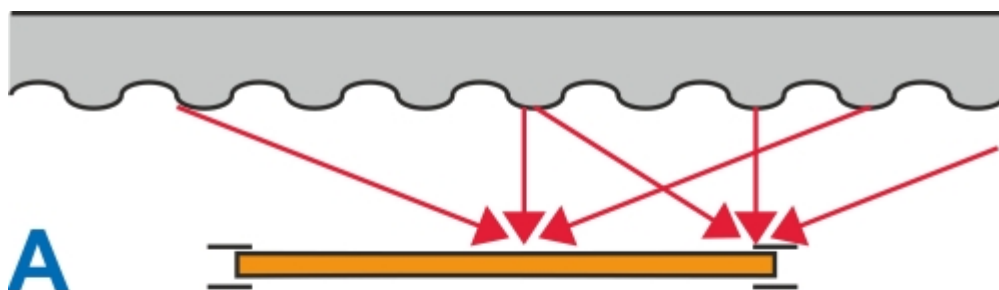
Egenskaber	Keramisk	Kvarts	Halogen	Gas
Energi	Elektrisk	Elektrisk	Elektrisk	Plasme
Energiomsætning	Varmespiral	Chrom/nikkel-stål Varmespiral	Wolfram Varmespiral	Kvartsglas for gas
Varmestrålekilde	Keramikoverfladen	Spiral + kvartsoverfladen (rør)	Spiral + kvartsoverfladen	Blå kugle
Stråletemperatur	300-700 °CnMaksimalt 800 °C	Spiral < 1.100 °CnKvarts < 500 °C	Spiral < 2.400 °CnKvartsglas < 950 °C	Og 1000
Vægt	Moderne varmeelementer er lettere end kvarts (2)	Tung (2)	Meget let (2)	
Opvarmningstid	< 10 min	< 10 min (3)	< 1 s (3 min) (4)	< 10 min
Tilslutningseffekt	16,6-25 kW/m ² (til 700 °C ca. 38,4 kW/m ²)	16,6-50 kW/m ²	50-75 kW/m ²	1. ny nr °C
Energiforbrug ved opvarmning	Op til 75 % af tilslutningseffekten (5)	Op til 75 % af tilslutningseffekten	Op til 85 % af tilslutningseffekten	30 ke
Energiforbrug i hvile	Ca. 25 % af tilslutningseffekten (6)	Ca. 25 % af tilslutningseffekten (7)	0 %	C til

Styringen af elektriske varmeelementer

Tilslutningseffekten på et varmeelement er uden betydning, så længe det kan opnå den ønskede temperatur. Hvis varmeelementets temperatur styres af en pilotstråler (et varmeelement med indbygget termometer), skal pilotstråleren og de paralleltkoblede varmeelementer være ens i tilslutningseffekt, vægt, størrelse og udførelse. Varmetabet for hvert varmeelement skal også være sammenligneligt.

Opnåelse af ensartet opvarmning

Figur A nedenfor viser et teoretisk idealtilfælde af ensartet opvarmning for en uendeligt stor varmeflade og rammehøjde lig nul. I figur B vises de forhindringer fx rammer, der findes i forhold til idealet.

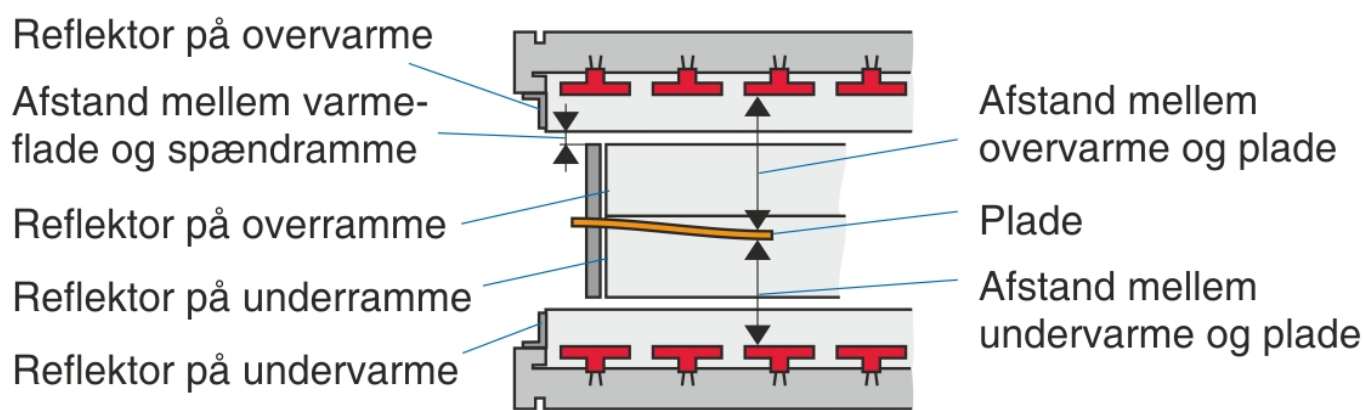


Opvarmning i randområder

A. Uendelig varmeflade og "ingen" spændramme som idealtilfælde. B. Praktiske forhold ved opvarmning af plader i spændramme.

Ved overholdelse af følgende regler kan man i praksis komme meget tæt på idealet:

- Rammerne skal reflektere. Der kan anvendes aluminiumtape (overrammen) eller aluminiumspray med mindst 99,5 % aluminium (underrammen – der er risiko for, at alutape skrælles af og lægger sig på formen).
- Varmepladernes reflektorer og rammernes reflektorer må ikke ændre højde rundt om pladen ved grundindstillingen.
- Reflektorhøjden på varmepladerne skal vælges, så den lodrette afstand mellem varmepladen og spændrammen bliver mindst mulig.



Refleksionsflader ved fastholdelse af en plade i spændrammen på en plademaskine

Opvarmning med temperaturstyrede varmeelementer

Keramikvarmeelementer kan fås med temperaturmålere (pilotstrålere) til temperatur-regulering af varmepladen. Varmeelementerne styres via pilotstråleren både i varmefasen og i hvileperioden. Ved opstart af maskinen bliver elementerne opvarmet med 100 % op-varmningstid, indtil den ønskede temperatur er nået. Plade/folie-temperaturen bestemmes af varmeelementernes temperatur og opvarmningstiden, eller pladens temperatur måles i et punkt, og opvarmningstiden slutter, når dette punkt når en ønsket temperatur.

I hvileperioden kører varmepladen ind over en reflektor. I denne position reduceres energiforbruget til ca. 25 %. For at reducere opvarmningstiden på tykkere plader (fra ca. 4 mm), bliver der i starten intensivt opvarmet med en højere stråletemperatur. Derefter opvarmes med en lavere stråletemperatur (for at beskytte plastpladens overflade mod nedbrydning), ind-til pladen har opnået den ønskede formningstemperatur. Ved varmeskabet i position 'tilbage over reflektoren' opvarmes pilotstråleren til den indstillede temperatur, mens pilotstråleren i position 'fremme over pladen' op-varmes til den

indstillede temperatur minus temperatursænkningen (fx $599\text{ °C} - 50\text{ °C} = 549\text{ °C}$).

I stedet for at anvende alle varmeelementer som pilotstrålere, hvilket er kompliceret og dyrt, samles varmeelementer med samme temperatur i zoner (isotermer). Derved anvendes kun én pilotstråler pr. zone. Den reguleres til $\pm 2\text{ °C}$, og det tilkoblede varmeelement tændes og slukkes sammen med pilotstråleren.

Ved flerzone-isoterm-opvarmning har varmepladen – alt efter maskin-størrelse – tre eller flere ringformede strålezoner med hver én pilotstråler. Ved passende temperaturindstilling af de enkelte zoner opnås ensartet temperatur på hele plastpladens overflade. De af maskinleverandøren anbefalede indstillinger for de enkelte zoner bør også anvendes ved produktion på små pladeformater. Kun ved meget små pladeformater kan temperaturen i den yderste ring sænkes. Det anbefales ikke at slukke totalt.

Ved flerzone-isoterm-opvarmning med flere pilotstrålere pr. zone kan man tilordne det enkelte varmeelement til en ønsket pilotstråler og derved skabe en ny zonefordeling. Det enkelte varmeelement vil så tændes og slukkes i takt med den pilotstråler, der er tilordnet. Derved opnås hurtigere stabil kørsel, end hvis man blot slukker for enkelte elementer.

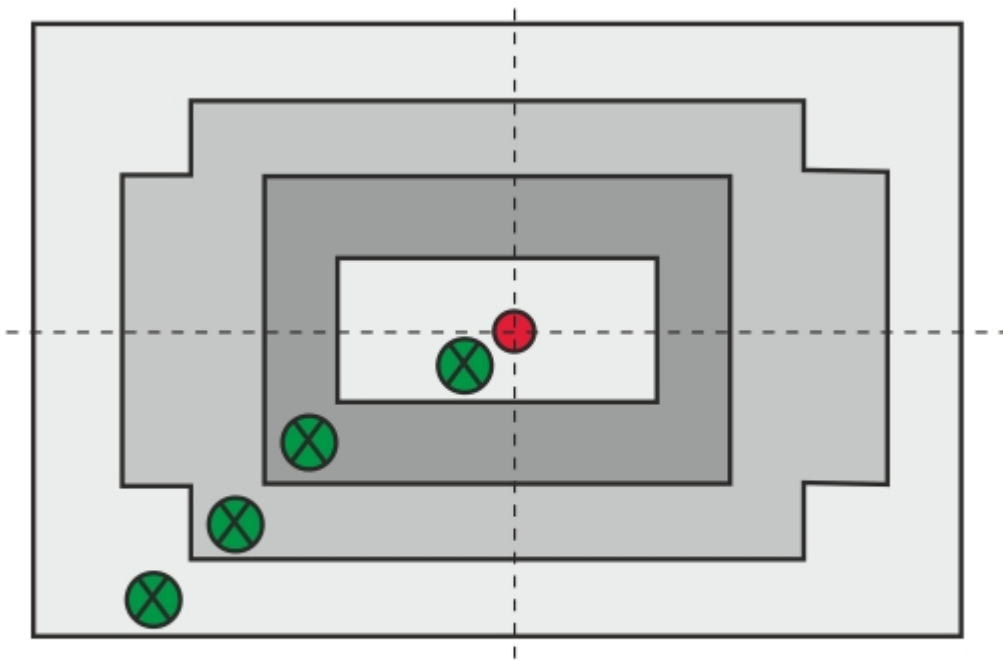
Ydelsesstyrede varmeelementer

Til keramiske, kvarts- eller halogen-varmeelementer indstilles varmebilledet ved denne styring ikke via varmeelementets temperatur, men i procent af elementernes maksimale ydelse.

Plast-pladens/foliens temperatur er så et resultat af opvarmningstiden, varmeelementets indstillede ydelse (%) og den ikke-kontrollerede temperatur af varmeelementet.

Pladetemperaturstyrede varmeelementer

Ved denne styring, der kan anvendes til keramiske, kvarts- og halogen-varmeelementer, overvåges pladens/foliens overfladetemperatur via en IR-temperaturmåler. Når pladens overflade når den indstillede overfladetemperatur, returnerer varmeelementerne. Temperaturen måles normalt under hele opvarmningen, men der findes andre styringer, der justerer opvarmningstiden ud fra temperaturen på de plader/folier, der er kørt umiddelbart forinden.



⊗ Pilotstrålere

● Infrarød temperaturmåler (option)

Isotermregulering med diagonalt placerede pilotstrålere

Procesforløb

Se afsnit om positiv- og negativformning, hvor en række forskellige procesforløb er gennemgået.