

Plast Teknologi

Udvalgt sektion

fejl ved termoformning

Ved termoformning vil fejl hovedsageligt opstå fra:

- Udformning af emnet
- Halvfabrikata (folie eller plade)
- Valg af maskine
- Form
- Indkøring
- Dekoration
- Opvarmning
- Formningskraft ved vakuum- eller trykformning

Der vil efterfølgende blive gennemgået en række af disse fejlkilder.

Fejl ved emnet

For at kunne udforme emnet optimalt må konstruktøren kende alle de muligheder og krav, der findes ved termoformning og efterbearbejdning. Emnet skal konstrueres, så det ligger inden for disse rammer.

Fejl ved halvfabrikata

For at kunne fremstille høj kvalitetsemner må den plastplade, man anvender, også være et kvalitetsprodukt. Det betyder, at der både er krav til materialet og til fremstillingen af pladen.

Baggrunden for ensartethed af plastemnet er, at den anvendte plastplade er af samme kvalitet og har samme egenskaber som referencepladen – både hvad angår termoformbarhed, farve, overflade, polymer, tykkelse og krymp. Man skal både være opmærksom på variationer i den enkelte leverance (batch) og variationer mellem de enkelte leverancer.

Tykkelsestolerancen er afhængig af pladens tykkelse, plasttype og fremstillingsmetode. Tilnærmet kan tykkelsestolerancen beregnes som:

$$\Delta s \text{ i mm} = \pm (0,5 + 0,03 \times \text{pladetykkelsen } s)$$

Tykkelsestolerancen

For støbte materialer eksempelvis PMMA er tykkelsestolerancerne større, samtidigt varierer den enkelte plade mere, idet den kan være tyndere i vis-se områder.

Hvis der ved ekstrudering af en plade anvendes samme granulat, men forskellige procesparametre (aftrækshastighed, masse- og dysetemperatur osv.), ændres pladens opførsel ved termoformning, hvorfor det kan være nødvendigt at ændre forarbejdningsparametrene.

For at opnå så ensartet en plade som muligt fra produktion til produktion er det nødvendigt, at råmaterialet er så ensartet som muligt, og at der ved fremstilling af pladen anvendes samme ekstruder og samme fremstillingsparametre.

Hygroskopiske plastmaterialer skal være pakket luft- og damp tæt, indtil de anvendes ved termoformmaskinen, ellers må de fortørres. Visse plader vil afhængigt af materialetykkelse og luftfugtighed allerede have optaget fugt efter 30 min. Hvis en pladetype fx har optaget for megen fugt efter to timer, må man ikke tage mere materiale frem, end der bruges i denne periode.

Uhomogene plader kan allerede ved opvarmning eller ved forblæsning og formning få huller eller revne. Det formede emne kan også have "knolde" af indstøbt usmeltet materiale. Denne type fejl opstår oftest, hvis der er tale om genbrugsmateriale, som er forurennet af fremmede partikler, fx andre plasttyper, træ og papir.

Ved coekstruderet materiale kan lagene delaminere, hvis de ikke hæfter godt nok til hinanden, eller hvis det ene lag er for tyndt.

De hyppigste fejl er dog ekstruderingsstriber, variation i narvtydelighed og farvefejl. Narv er det mønster, der kan være valset ind i pladens overflade.

Ekstruderingsstriber er små fuger i pladeoverfladen, der stammer fra ekstruderdyesen. Striberne er altid i ekstruderingsretningen.

Variationen i narvtydelighed er forskelle i den dybde, narven har på plastpladen. Den kan variere hen over plastpladen og/eller fra leverance til leverance.

Farveforskelle er nok den mest almindelige "pladefejl". Da der er ret vide tolerancer for farven på indfarvede plader, vil selv plader, hvor en farveforskel er tydelig ved sammenligning mellem to plader, ofte ligge inden for denne tolerance. For at kunne vurdere farveforskelle er det vigtigt at opbevare en af kunden godkendt referenceprøve eller et farvekort, der kan anvendes ved kontrol. Disse prøver skal til daglig være opbevaret i et mørkt skab eller lignende, idet de vil ændre farve, hvis de udsættes for meget lys.

I klare plader vil man næste altid kunne finde små, sorte prikker, der stammer fra forbrændt materiale. Her fastsættes tolerancen ud fra, hvor mange prikker af de forskellige størrelser der accepteres. Der kan optræde temperaturforskelle i en rulle eller pladestak, fx hvis materialet umiddelbart før

Køling af forme

Ved køling af forme er det vigtigt, at formen har ensartet temperatur. Formen må ikke have områder, der varierer væsentligt i temperatur. Det kan forekomme, hvis formen er konstrueret sådan, at varmen i visse områder ikke kan komme væk, fx ved smalle ribber, eller hvis kølerør ikke er placeret korrekt.

Forme af støbemasse har sjældent temperaturstyring, da den dårlige varmeledning ikke tillader optimal styring.

Ved materialer med god varmeledning, fx aluminium, skal kølerørene have god kontakt med formen og være så store, at der er god gennemstrømning. Ved for lille gennemstrømning eller ved for lange kølekanaler vil kølevandets temperatur variere meget fra indgang i formen til udgang. Det betyder, at formen vil have stor variation i temperatur.

Også ved indirekte kølede forme, hvor formen placeres oven på en køle-plade, er det vigtigt, at berøringsfladen er så stor som muligt for at få den størst mulige varmeovergangsflade.

Styring og regulering af formtemperatur

Afgørende for ensartet kvalitet af det formede emne er temperaturen, herunder temperaturvariationer på formens overflade. Hvis det kun er muligt at regulere vandtemperatur og vandgennemstrømning, er det nødvendigt at kontrollere formtemperaturen direkte på formen. Bedre er det, hvis formen har indbygget temperaturføler og reguleringsmuligheder direkte i formen. Det er dog vigtigt, at de er placeret de rigtige steder.

Mekanisk stabilitet

Formene skal naturligvis kunne holde til de belastninger, de udsættes for ved formning og afformning af emner.

Formoverflader

Hvis der på det fuldformede emne findes områder (buler), der ikke har været i kontakt med formen, er der tale om luftindeslutninger, det vil sige områder mellem form og pladen, hvor der er luft, som ikke kan komme væk. Det kan skyldes manglende sugehuller, eller at formen er så glat, at pladen ved berøring slutter så tæt, at luften ikke kan komme igennem. Formoverfladen skal helst være sandblæst eller groft slebet. Polering af forme anvendes derfor kun ved forme til klare emner eller emner med krav til glatte flader på formsiden samt til hjørnerne på positivforme.

Sugehuller

Hvis der fremstilles flerstyksværktøjer med flere ens forme, skal man være opmærksom på, at

sugehuller og slidser skal afpasses sådan, at suget ved alle forme er ens og ikke afhængigt af den enkelte forms afstand til maskinens vakuumhul.

Sugehuller ved formens overflade anvendes ikke kun til at suge luft væk, men også til at indblæse afformningsluft. Specielt ved høje positivforme skal der kunne indblæses tilstrækkeligt megen luft, til at emnet løftes fri af formen.

Fejl ved indkøring af nye forme

Fejl, der opdages, inden man begynder opstilling af en ny form, sparer om-kostninger – som minimum en opstillingsomkostning. Kontrol af vakuum-huller og slidser samt overfladen på formen er meget vigtig. Efter at formen er opstillet i termoformmaskinen, kontrolleres først vakuum-suget uden plade. Vakuum slås til, og hvis vakuummeteret har en skala fra 0 til -1, skal der ved frit sug være et udslag på ca. -0,2 eller ved små forme -0,3. Det gælder kun for forme, der er tætnet ved formsoklen. Ved sug med plade skal vakuummeteret vise mindst -0,9, ellers skal maskine, vakuum-pumpe og form testes for utætheder. Hvis udslaget er mindre end -0,9, vil det forringede sug medføre dårligere fuldformethed eller længere varme- og køletider.

Man bør altid starte med maskinens universalvarmebillede ved ny indkøring. Ved moderne maskiner er det endvidere muligt at lade maskinen beregne de opvarmnings- og køletider, man kan bruge som udgangspunkt.

Den maskinindstilling, man finder frem til under indkøringen, gemmes på opstillingskort eller diskette alt efter maskintype.

Ved fremstilling af prøver skal alle forhold svare til dem, der er ved produktion af emnet. Alle involverede fra værktøjsfremstiller over indkører til efterbearbejder må kende til emnets mål og tilladelige tolerance. Kender formeren til emnets færdige udseende kan han selv tage beslutning om fuldformethed og størrelse af eventuelle finner i affaldsområdet og derved i sidste ende spare penge.

Det materiale, man anvender, skal også være af samme type, kvalitet, farve, narv og krymp som det, der skal anvendes i produktionen for at forhindre senere problemer ved serieproduktion. Ved ilægning af pladen skal man være opmærksom på ekstruderingsretningen, så senere produktionsplader skæres, så de får samme retning.

Fejl ved opvarmning med strålevarme

Ved plademaskiner kan man ved indkøring af nye forme altid arbejde ud fra varmebilledets grundindstilling, hvis den er isothermreguleret. Jo tykkere plastpladen er, jo lavere sættes stråletemperaturen, og desto større er varmelegemernes temperaturfald fra start til slut.

På maskinen, hvor det er muligt at indstille temperatursænkningen, kontrolleres det, om varmelegemerne kan nå at komme op i temperatur i køletiden. Hvis form og rammer ikke er temperaturstyret, er det nødvendigt inden opstart at varme dem op til produktionstemperaturen.

Træ og plaststøbeforme må aldrig varmes op med overvarmen.

Manglende formningstryk

Den mængde af kræfter, der arbejdes med under formningen, er naturligvis vigtig. Manglende kræfter kan skyldes for ringe vakuum eller for lidt trykluft.

Manglende kræfter findes ved:

- For dårlige tætninger mellem værktøj og spændramme
- For høje sokler i singlestationmaskiner
- Åbne monteringshuller i formbordet
- For løse eller for skæve spændrammer
- Ujævne sokler
- Utætheder i rørforbindelsen
- Fejl i opstilling af maskinen

Hvis flere maskiner forsynes fra samme vakuum- eller trykluftpumpe, og alle kører med fuld last, kan vakuum- eller trykluftforsyningen bryde sammen, hvis pumperne ikke er store nok.

Problemer med finner og folder

Finner ved termoformning kan opdeles på følgende måde:

- Plade/foliebetingede folder:
 - Overfladefinner på grund af for stort pladenedhæng ved opvarmning
 - Orienteringsfinner på grund af orienteringsspændinger som følge af ekstruderingskrump
- Finner på grund af formopbygning eller udseende:
 - Hjørnefinner ved positivforme
 - Finner ved højdeovergange i hjørneområder på grund af for små radier eller for stejle overgange
 - Finner på grund af for lille afstand mellem forme
 - Finner i negativforme med formningsforhold $H:D > 1:0,4$ og ekstremt forhold mellem længden L og bredden B
- Formningsbetingede finner:
 - Ved for høj forblæsning
 - Ved for høj formningshastighed
 - Ved for lav formningshastighed, hvis en tynd folie når at blive for kold, inden den formes

Finner opstår aldrig der, hvor materialet strækkes, men derimod hvor det stykkes sammen, og hvor

temperaturen er for lav, og/eller formningshastigheden er for høj.

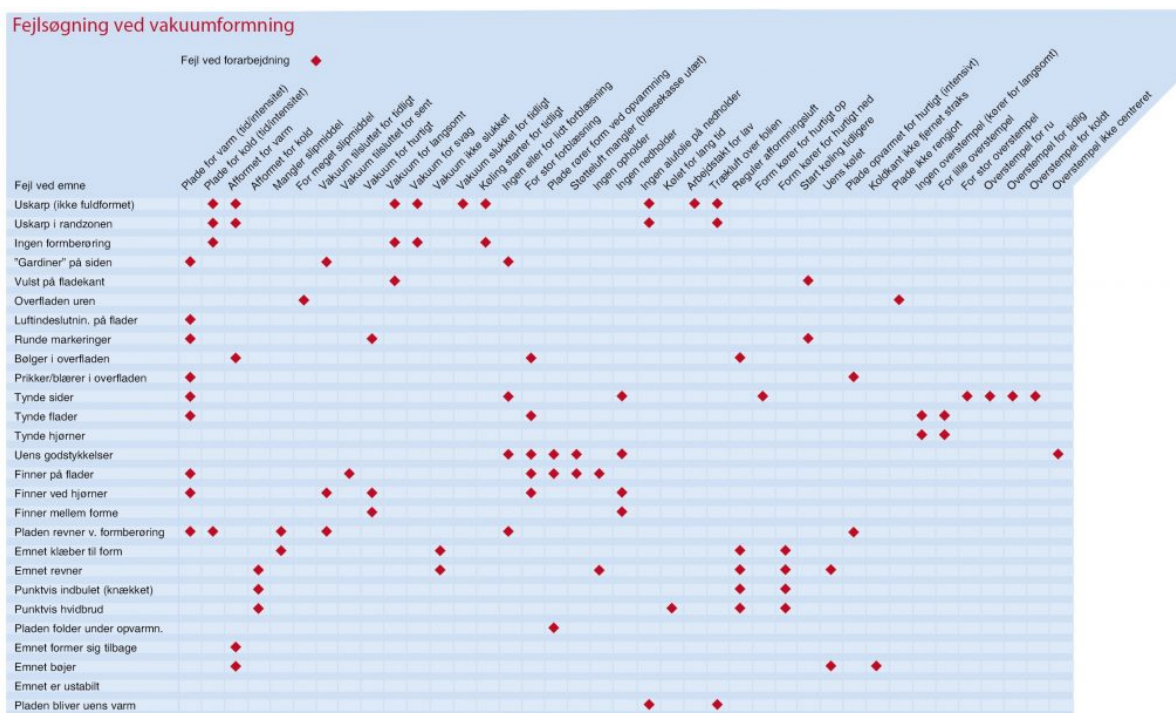
Muligheder for at undgå finner:

- Materialer med stort nedhæng varmes mindre
- Opvarm pladen/folien mere, hvis der kun forblæses lidt, og materialet ikke hænger for meget. Forhøj formtemperaturen
- Hvis der forblæses: Forblæs mindre, eventuelt opvarmes pladen/folien mindre, mindskning af formningshastigheden. Formtemperaturen hæves
- Formindsk plade/foliearealet
- Anvend overstempel. Små finner trykkes bort eller holdes nede under formningen med et konturfølgende stempel. Ved anvendelse af overstempel strækkes materialet under formningen
- Ændring af formen, så formvolumenet øges under de steder, hvor der dannes finner

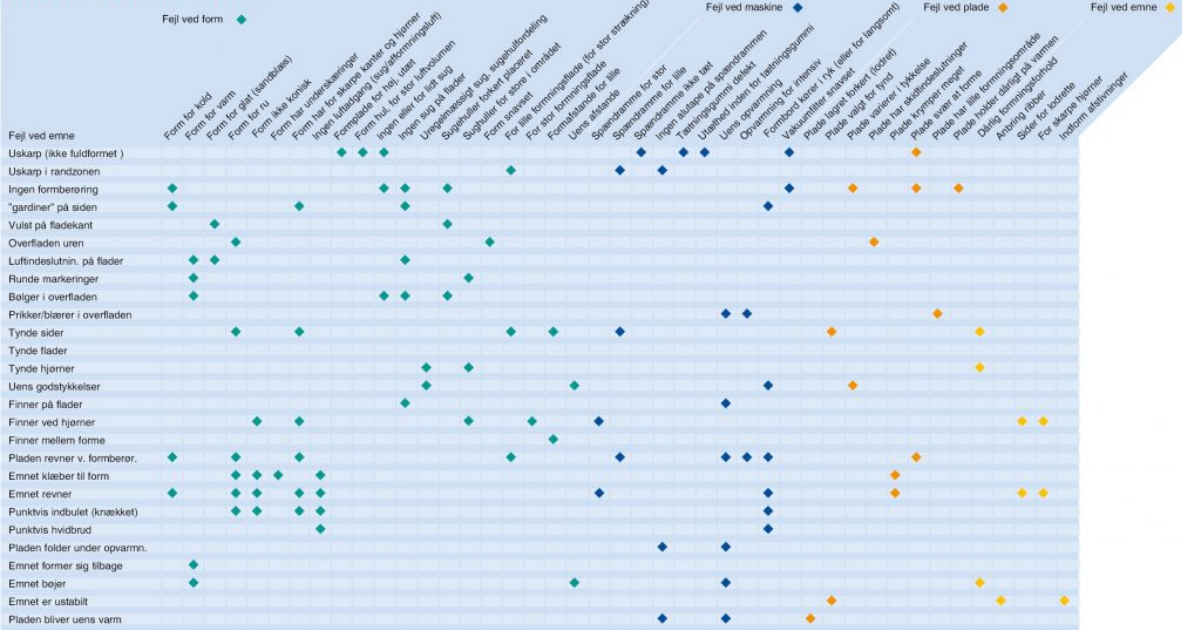
Tabeller til fejlsøgning ved termoformprocessen

Nedenfor kan du finde en række tabeller til fejlsøgning ved termoformning.

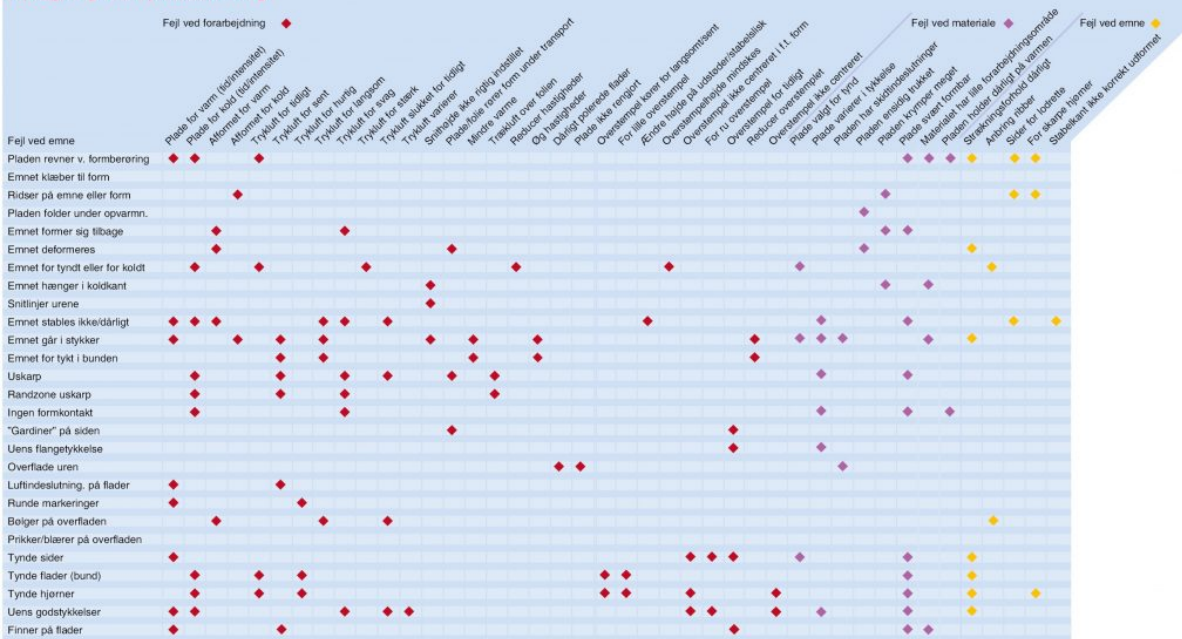
Tryk på billederne for at åbne tabellerne i fuld størrelse.



Fejlsøgning ved vakuumformning



Fejlsøgning ved tryklufformning



Fejlsøgning ved trykluftformning

Fejl ved emne	Form for kold	Form for varm	Form for glat (sandblæs)	Form for ru	For små slipvinkler	For store underskæringer	For skarpe kanter og hjørner	For dårlig luftafgang	Form ikke tæt	Formkøling ikke tilstrækkeligt åben	Nedholdertryk for små eller for få	Form snavsset	Udstøder for varm	Nedholder eller skrabejern affjedret for svagt	For stort overstempel	Snitkant slidt	Konstruktion af overstempel
Pladen revner v. formberøring																	
Emnet klæber til form		◆		◆	◆												
Ridser på emne eller form	◆			◆	◆	◆											
Pladen folder under opvarmn.	◆																
Emnet former sig tilbage	◆								◆								
Emnet deformeres									◆								
Emnet for tyndt eller for koldt																	
Emnet hænger i koldkant														◆			◆
Snitlinjer urene									◆								◆
Emnet stables ikke/dårligt									◆	◆			◆		◆		
Emnet går i stykker	◆																◆
Emnet for tykt i bunden																	
Uskarp										◆							
Randzone uskarp																	
Ingen formkontakt	◆																
"gardiner" på siden										◆							
Uens flangetykkelse																	
Overflade uren																	
Luftindeslutning, på flader		◆	◆														
Runde markeringer		◆	◆														
Bølger på overfladen		◆															
Prikker/blærer på overfladen																	
Tynde sider																	
Tynde flader (bund)	◆																
Tynde hjørner	◆																
Uens godstykkelser																	
Finner på flader																	