

# Plast Teknologi

Udvalgt sektion

# Indkøring og optimering

Den optimale form for indkøring og optimering bør omfatte følgende hensyn:

- At fremstille mest muligt pr. time
- At overholde kvalitetskrav
- At fremstille produktet med minimum af råvareforbrug
- At fremstille produktet med minimum af energiforbrug
- At registrere alle vigtige data
- At levere til tiden

For at kunne gennemføre indkøring og optimering, er der en række ting, som først og fremmest skal være til stede.

## Specifikation

Til hvert produkt hører en produktbeskrivelse eller specifikation. Den omfatter fx:

- De mål og data, emnet skal opfylde efter aftale med kunden
- De mål og data, emnet skal opfylde ifølge standardiseringskrav (fx DS)
- De mål og data, emnet skal opfylde efter sundhedsmyndighedernes krav
- De mål og data, emnet skal opfylde af hensyn til videre forarbejdning

De mål og data, som ekstruderføreren skal tage sig af, omfatter hovedsageligt mål, vægt, styrke, svind, emneflade og ensartethed.

Disse målinger og test skal udføres med passende kontroludstyr.

## Kvalitet

Det mest velegnede produkt har en kvalitet, som er tilpasset formålet. Tilpasningen kræver, at alle forhold omkring produktet tages op til vurdering. Det færdige produkt bliver i sidste instans vurderet af forbrugeren, som kan vælge et andet produkt, vælge vort produkt én gang, vælge vort produkt og returnere det med klage eller vælge vort produkt flere gange. Det er den sidste situation, som skal tilstræbes.

Husk derfor:

- Alle anstrengelser er forgæves, hvis arbejdet i produktionsleddet udføres dårligt
- Firmaets kontrol skal beskytte kunderne imod vore fejltagelser
- Alle "numre" bliver opdaget, før eller senere

## Råvarekontrol

Til enhver råvare hører en beskrivelse. Heri gøres der rede for råvarens egenskaber. Nogle af disse egenskaber har betydning for produktionsafdelingens arbejde. Nogle har betydning for den færdige vares egenskaber. Råvarekontrollen sikrer, at sækkenes indhold svarer til teksten, og finder desuden de oplysninger, som skal hjælpe produktionsafdelingen med at udføre et godt stykke arbejde.

## Kontrol med det færdige produkt

Det er ekstruderføreren, der skal overvåge, at det produkt, der fremstilles, overholder de mål, der er opgivet, og at produktets udseende er, som det er foreskrevet fx med hensyn til farve, glathed, gennemsigtighed osv.

Fx er de plastrør, som er DS-mærket og fremstilles her i landet, underkastet statens kontrol og skal følge bestemte normer for at være godkendt. De skal fremstilles efter bestemte tolerancer for godstykkelse, diameter, ovalitet osv.

På større virksomheder har man ofte en særlig kontrolafdeling som foretager stikprøvekontrol. Desuden foretages længerevarende og specielle test af færdige produkter af kontrolafdelingen. Men ekstruderføreren skal til stadighed efterkontrollere sine produkter og sørge for, at de ligger inden for de tolerancer, som kontrollen kan godkende.

## Proceskontrol

Den proceskontrol, som foregår i produktionen, støtter sig ofte til notering og overvågning af procesdata. Pludseligt indtrufne ændringer i procesdata vil ofte give et fingerpeg om, at en kvalitetsændring er på vej.

Alarmer for temperaturoverskridelse samt automatisk måleudstyr, alarm for trykfald osv. er blot nogle af de mange hjælpemidler, som findes på mange anlæg i dag.

Når der er lang vej fra ekstruderen og frem til saven, betyder det, at der kan være fx fire timers produktion mellem dysen og målestedet.

Dette medfører fire timers ventetid, før virkningen af en rettelse kan observeres. Og måske fire timers affald!

Derfor er der ved mange ekstrudere monteret automatisk måleudstyr meget tæt på dysen. Dette måleudstyr sender kontinuerligt måleresultater til ekstruder og trækbænk. På baggrund af disse resultater kan ekstruder og trækbænk korrigere for eventuelle afvigelser i godstykkelsen.

Når emner kasseres ved efterkontrol, medfører det, at alle de emner, som er undervejs fra maskine til kontrol, også må kasseres.

Derfor er det vigtigt at sætte ind med kontrol så tidligt som muligt under produktionen. Derved kan der spares en stor del affald og dermed mange unødvendige omkostninger samt i mange tilfælde et stort fysisk sorteringsarbejde.

Hvis fabrikkerne ikke gennemfører tilstrækkelig kontrol med produktionen, kan det forekomme:

- At hele produktionsserien kasseres
- At fabrikken mister sin godkendelse
- At råvareforbruget ligger fx 10 % over det nødvendige minimum
- At der mistes kunder

Desuden er der store penge at spare ved omhyggelighed og omtanke. En forøgelse af materialeforbruget på 10 % kan nemt betyde 50 kg råvare ekstra i forbrug pr. time.

Med en materialepris på 10 kr. pr. kg løber dette således op i 500 kr. pr. time, som leveres unødvendigt til kunden.

Hvis man fremstiller en folie, som må leveres på 40 µm, og den produceres på 44 µm, er det faktisk 10 % overvægt. Det samme gør sig gældende, hvis man producerer et rør med 3,30 mm i godstykkelse, og dette må leveres med 3,00 mm.

## Snekkeomdrejninger og periferihastighed

Ved hjælp af snekkens omdrejningshastighed kan man regulere materialetransporten.

Høje omdrejningstal giver imidlertid større friktionsvarme, så der er grænser for, hvor hurtigt en snekke må køre.

**De fleste materialer tåler en periferihastighed på op til 0,5 m/sek.**

Periferihastigheden beregnes ved udtrykket  $V_p$

$$V_p = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times 1.000} \quad \text{m/sek.}$$

D = snekkediameter

n = omdrejninger/minut

### Beregning af periferihastigheden

Hvis resultatet 0,67 m/sek. fremkommer ved beregning på en produktion, man er i gang med, er der risiko for, at materialet er nedbrudt. Nedbrydningen kan bestå i, at der udvikles uheldige bestanddele i plasten. Friktionsvarmen ved toppen af gængerne kan udvikle et eller flere af de stoffer, som kan

fremkomme ved forbrænding med dårlig ilttilførsel. Hvad der kan udvikles, kan findes under de respektive plasttyper. Kendere af dette fænomen siger, at der er "gas" i produktet.

Desuden medfører det helt klart almindelig kvalitetsforringelse af produktet. Forringelsen kan fx bestå i forringet slagsejhed, brudstyrke, strækevne, dimensionsstabilitet, varmebestandighed osv.

Har man mistanke om, at der sker forringelse af kvaliteten på grund af hastigheden, bør man spørge hos råvareleverandøren, hvad den maksimale periferihastighed er for denne råvaretype.

## Eksempel på beregning af periferihastighed

$D = 150 \text{ mm}$  og  $n = 85 \text{ omdr./min}$

$V_p = (3,14 \times 150 \times 85) / (60 \times 1.000) = 0,67 \text{ m/sek.}$

## Ydelesesgraf

Hvis der er tvivl om, hvad den optimale hastighed for ekstruderen ved den aktuelle råvaretype er, kan det være en god ide at udføre en ydelesesgraf.

Det går ud på at aflæse maskin- og produktdata ved forskellige hastigheder. Umiddelbart før der sker en u hensigtsmæssig ændring på en eller flere af dataene, har man nået den optimale hastighed.

Afprøv ekstruderens ydeevne og emnets kvalitet ved forskellige hastigheder fx 42, 62, 82, 102 og 122 snekkeomdrejninger.

Når produktionen er kørt ind på mål, må der kun ændres på snekkeomdrejninger og aftrækshastighed. Der må ikke ændres på varmen.

Der skal gå ca. 15 minutter mellem aflæsningerne, for at friktionsvarmen kan stabiliseres.

Test følgende:

- Gram pr. snekkeomdrejning
- Kg pr. time
- Motorbelastning i ampere eller procent
- Massetryk
- Massetemperatur
- Bliver udsvingene i godstykkelse større eller mindre?
- Ændrer emnernes øvrige mål sig?
- Overfladens udseende

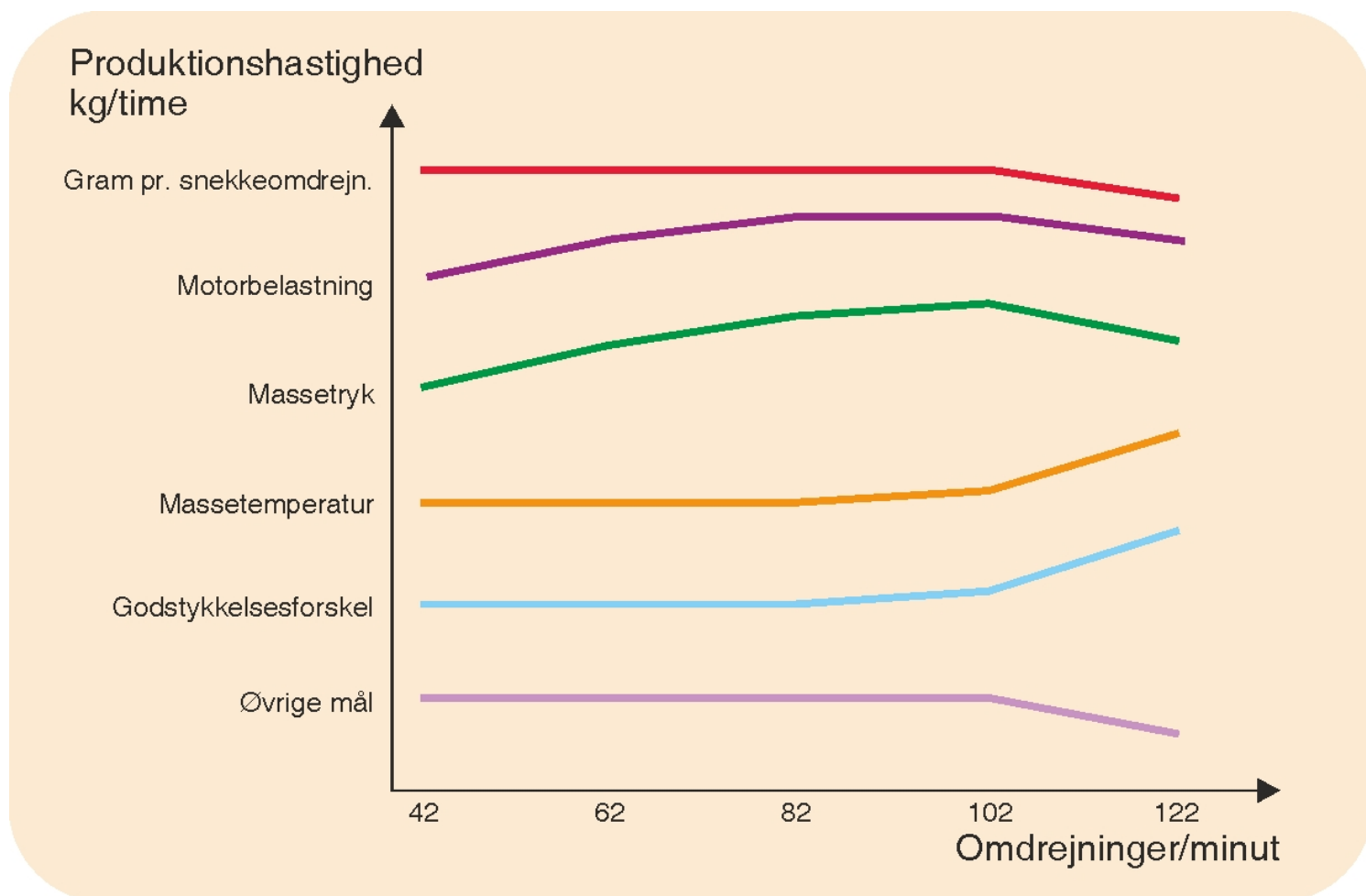
Tegn en graf på millimeterpapir over:

- Gram pr. snekkeomdrejning eller kg pr. time
- Motorbelastning i ampere eller procent
- Massetryk
- Massetemperatur
- Udsvingene i godstykkelsen (minimum og maksimum)
- Emnernes øvrige mål

Vurdér, ved hvilken snekkehas-tighed ekstruderen arbejder bedst, og om kvaliteten forringes ud over det tilladelige.

## Eksempel på ydelsesgraf

På figuren her vises et eksempel på en ydelsesgraf, som vi efterfølgende vurderer.



### Ydelsesgraf

Værdierne på y-aksen er udeladt af hensyn til overskueligheden.

Gram pr. snækkeomdrejning (eller kg pr. time): Der sker et fald i ydelsen over 102 omdr./min. Her begynder plasten måske at klistre på snekken eller bliver for varm i fødezone.

Motorbelastning i ampere eller procent: Der sker en jævn stigning i energiforbruget på hovedmotoren, i takt med at der er flere kg, som skal plastificeres, men over 102 omdr./min falder energiforbruget. Det skyldes sandsynligvis, at materialet begynder at klistre eller bliver for varmt i føde-zonen.

Massetryk: Der sker en jævn stigning i trykket, i takt med at der er flere kg, som skal plastificeres ved friktionsvarme, men over 102 omdr./min falder trykket. Det falder sammen med, at ydelsen og motorbelastningen også falder.

Massetemperatur: Temperaturen er tilsyneladende under fuld kontrol indtil 102 omdr./min, men derefter sker der en kraftig stigning. Det hænger fint sammen med de før nævnte ændringer. Når materialet bliver varmere, smutter det nemmere igennem pumpezone, filter og værktøj, og trykket vil falde.

Udsvingene i godstykkelsen (minimum – maksimum): Gods-tykkelse be-gynder typisk at svinge mere, når plasten bliver varmere. Det stemmer helt overens med temperaturstigningen ovenfor. Ofte ser man også, at der kommer små buler i overfladen ved dysen.

Emnernes øvrige mål: Målet i dette eksempel stammer fra diameteren på en rørproduktion. Diameteren holder sig stabil indtil 102 omdr./min, men derefter bliver den væsentligt mindre. Det skyldes, som omtalt under køling, at den tyndere (på grund af hastigheden), ydre, fikserede skal på røret ikke er i stand til at modstå svindkræfterne i den indre del af røret.

Konklusionen må være, at hvis man ønsker at køre hurtigere end 102 omdr./min, vil det være forbundet med en væsentlig risiko for kvalitetsforringelse.

Man kan eventuelt lave en undersøgelse med et mere detaljeret skema fra 102 til 122 omdrejninger.

## Visuelle fejl under produktionen

Der findes mange fejlmuligheder på det emne, der produceres. Det vil være en uoverkommelig opgave at beskrive alle. Her skitseres blot nogle få generelt forekommende. Men det vil i mange tilfælde være muligt at overføre observerede fejl til de nævnte.

## Ridser

Under produktionen forekommer det, at der begynder at opstå ridser i emnet. Der er som regel ikke andre muligheder end at rense dysen. Det foregår, ved at man stopper produktionen (sænker eventuelt varmen forinden) og rengør så langt ind i dyseåbningen, som man kan nå med passende blødt rengøringsværktøj, eventuelt tynde messingblade eller stænger.

Årsagen til ridserne er, at der foregår en iltning af plasten omkring dyse-åbningen. Ved denne iltning forkuller/fastbrænder plastpartikler i dyse-åb-ningen. De små partikler skal væk, da de ridser i overfladen af emnet.

Ofte medfører ridserne, at man mister vakuum i en vakuumkalibrator.

## Skæg på dysen

Hvis der danner sig en skæg-lignende ring af materiale på dysen omkring emnet, kan det være tegn på, at der er et eller andet overskudsstof i råvaren, som ikke vil indgå i plasten. Det lægger sig på overfladen af plasten, og sætter sig som en skæg-lignende ring på dysen.

Ofte er der tale om en smule fugt, og da vil fortørring/forvarmning af råvaren være tilstrækkeligt til at løse problemet.

## Fiskeskællignende overflade



Hvis der er fugt i råvaren, kan der vise sig en fiskeskællignende overflade. Her vil en fortørring/forvarmning af råvaren være tilstrækkeligt til at løse problemet.

Andre årsager kan være dårlig plastificering. Her er der usmeltede områder i dele af plasten. Problemet er især stort, hvis der blandes råvarer med forskelligt smelteindeks og dermed forskelligt varmebehov. Her er den umiddelbare løsning at hæve massetemperaturen en smule.

Det er især vigtigt, at plastificeringen foregår så tidligt omkring snekken, at den kan nå at foretage en effektiv blanding af disse materialer med forskellige varmebehov.

Den højere temperatur kan fx skabes ved mere friktionsvarme, tilført varme, flere snekkeomdrejninger, lavere værktøjstemperatur, større modtryk, lavere temperatur i fødezone og ændring af snekketemperaturen.

I tilfælde, hvor snekketemperaturen er meget høj, og man derved har ringe materialetransport, skal snekketemperaturen sænkes.

I tilfælde, hvor snekketemperaturen er meget lav, og derved forhindrer effektiv plastificering, skal snekketemperaturen hæves.

## Mat eller blank overflade

Hvis man forudsætter, at massetemperatur og værktøjstemperatur er korrekt, kan man give emnet en mat eller blank overflade. Meget kraftig køling giver matte emner. Dårlig køling giver meget blanke emner.

Hvis der skæres et lille stykke profil eller rør af ved dysen, skal det skæres op på langs. Hvis rør/profil er pænt blankt indvendigt og mat udvendigt, er det tegn på, at værktøjstemperaturen er for lav.

Inderdornen har jo den temperatur, som plasten har, og her var den blank. Udvendigt har værktøjet "stjålet" varmen fra plasten, da denne er mat. Altså skal der mere varme på værktøjet.

Hvis derimod rør/profil er mat indvendigt, og måske også udvendigt, er massetemperaturen ikke høj nok.

Hvis plasten er meget blank både ind- og udvendigt og måske fuld af små buler, er det tegn på, at plasten er for varm.

## Matte striber på emnet

Ofte forekommer der matte striber på emnet, når der anvendes vandkølet kalibrator. Det skyldes som regel, at der er uens køling fra kalibratoren. Årsagen kan være for lidt køling, eller at der er en belægning indvendigt i kalibratoren. Ofte afsætter der sig en hinde af et overskudsstof på kalibratoren, hvorved kølingen nedsættes. Her er det nødvendigt at polére kalibratoren.

Matte striber kan også skyldes for stor forskel i godstykkelse.

## Farveændring og koksklatter

Der kan være tre eller flere årsager til, at emnerne bliver lysere eller mørkere under produktionen, når der

produceres emner med farve.

Man må i den forbindelse huske på, at farven er mikset med en råvare af nogenlunde samme plasttype som den, den skal anvendes i.

Hvis farven bliver lysere, kan det skyldes, at en del af farvepartiklerne er brændt af og sidder som små sorte nister i emnet.

En anden mulig årsag er, at farven ikke er ordentligt gennemsmeltet, og dermed ikke ordentligt fordelt i emnet.

En tredje årsag kan være, at temperaturen i ekstruderen er for høj til farven, hvilket kan forårsage, at farven brænder af og sætter sig som en belægning på snekke og cylinder. Dette resulterer i, at denne belægning periodisk (måske en gang i timen, hver ottende time eller en gang i døgn) vil rive sig løs og komme ud som en stor hob af kokslignende klatter i emnet. Disse afrevne, forbrændte råmaterialer medfører ofte produktionsstop, da der i mange tilfælde vil gå hul på emnet.

## Synlige spor efter dornholder

Hvis der i emnet forekommer langsgående, tynde striber svarende til de steder, hvor emnet bliver skåret op på langs i værktøjet, er det tegn på, at masstemperaturen er for lav.

## Snekkestriber eller pulsering

Til tider hænder det, at der forekommer en bølgelignende overflade indvendigt i emnet. Det er især synligt, når emnet er kølet ved hjælp af kalibrator. Sådanne bølger eller pulseringer kan skyldes, at snekken er for varm, at masstemperaturen er for høj eller ustabil, eller at snekken er for slidt.

En for varm snekke eller snekkespids har tendens til at give pulserende ydelse. Det skyldes dens manglende evne til at slippe materialet. Er der mulighed for at sænke snekketemperaturen, vil det ofte afhjælpe problemet.

En slidt snekke medfører ofte, at der opstår varierende godstykkelse. Denne godstykkelsesforskel optræder med sekunders eller minutters intervaller. Opmåling af sådanne emner vil vise, at der er stor forskel i godstykkelsen fra emne til emne.

Det samme kan forekomme, hvis der er isat en snekke med for kort fødezone, især ved delkrystallinske materialer.

I øvrigt kan det samme forekomme, hvis temperaturen er for høj i fødezonen. Derved mister snekken evnen til at holde trykket og dermed konstant friktionsvarme.

## Godstykkelsesændring under produktion

Hvis der sker pludselig ændring af godstykkelsen, kan det være tegn på, at der er opstået en fejl på et varmebånd – især på store værktøjer og værktøjer med todelte varmebånd.

Oftentimes er varmebånd delt op i to sektioner, en øvre og en nedre halvdel. Hvis den ene halvdel bliver defekt

under produktionen, vil plasten begynde at flyde langsommere der, hvor varmebåndet er koldt. Har man ikke andre muligheder for at kontrollere varmebåndene, kan det gøres med en dråbe vand. Denne lille test kan kun anvendes på al-mindelige, ikke isolerede varmebånd. Hvis man under almindelig produktion drypper en dråbe vand på overfladen af et aktivt varmebånd, vil dråben hoppe og danse rundt, næsten uden at røre varmebåndet (prøv eventuelt først på en varm kogeplade på et elkomfur). Hvis varmebåndet er defekt, vil dråben derimod flade ud og gøre varmebåndet vådt, inden den stille og roligt fordamper.

Men vær meget forsigtig. Kom ikke for tæt på strømførende ledninger med vandet.