

Beredning och Provkörningsprotokoll

Produktnamn		Artikelnr.	Verktygsnr.	Maskinnr.
Material		MB-tillsats/%		Återgångsmaterial/%
Leverantör		Förtorkn. Ja/Nej	Temperatur °C	Tid i timmar
Antal formrum	Detaljvolym cm ³	Ingötsvolym cm ³	Insprutningsvolym cm ³	
Skruvdiameter, mm	Max dosering cm ³	Beräknad dosering cm ³	1:a skott 80% cm ³	

Pos.	Parametrar	Preliminärt /Beräknat	Slutligt	Sort	Uppmätt värde/ Omkoppling
1.	Formtemperatur				
	temp.aggr. fast			°C	
	temp.aggr. rörl.			°C	
	formhalva fast			°C	"uppmätt"
	formhalva rörl.			°C	"uppmätt"
2.	Varmkanalssystem				
	zon 1			°C	
	zon 2			°C	
	zon 3			°C	
	zon 4			°C	
	zon 5			°C	
3.	Cylindertemperatur				
	smältatemperatur			°C	"uppmätt"
	mantel			°C	
	zon 1			°C	
	zon 2			°C	
	zon 3			°C	
	zon 4			°C	
	munstycke			°C	
4.	Anliggande munstycke			mm.	Ja/ Nej
5.	Formstängning				
	hastighet 1			mm/sek	
	hastighet 2			mm/sek	omkoppling =
	hastighet 3			mm/sek	omkoppling =
6.	Formsäkring				
	Formsäkring, start			mm	
	formsäkringstryck			bar	
	formsäkringstid			sek	
	låskraft uppbyggnad			mm	
7.	Låskraft				
	Låskraft			ton	
	Start insprutning			ton	

Beredning och Provkörningsprotokoll

Pos.	Parametrar	Preliminärt /Beräknat	Slutligt	Sort	Uppmätt värde/ Omkoppling
8.	Insprutningshastighet				
	steg 1			cm ³ /sek	
	steg 2			cm ³ /sek	omkoppling =
	steg 3			cm ³ /sek	omkoppling =
9.	Insprutningstid			sek	
10.	Insprutningstryck, max			bar	"uppmätt"
11.	Omkoppling				
	Tid			sek	Ja/Nej
	Väg/volym			cm ³	Ja/Nej
	hydraultryck			bar	Ja/Nej
	forminnertryck			bar	Ja/Nej
12.	Omkoppl, 1:a skott 80%			cm ³	80% av inspr.volym
13.	Eftertryck				
	steg 1			bar	
	steg 2			bar	Omkoppling =
	steg 3			bar	Omkoppling =
14.	Eftertryckstid			sek	
15.	Kyltid				
	Kyltid, total			sek	
	Kyltid, inställd			sek	
16.	Skruvhastighet				
	steg 1			mm/sek	Max =
	steg 2			mm/sek	Omkoppling =
	steg 3			mm/sek	Omkoppling =
17.	Mottryck			bar	
18.	Dosering, stopp			cm ³	Max =
19.	Doseringsfördröjning			sek	
20.	Doseringstid			sek	"uppmätt"
21.	Dekompression, före			cm ³	
22.	Dekompression, efter			cm ³	
23.	Massakudde			cm ³	"uppmätt"
24.	Formöppning				
	formöppningsväg			mm	
	hastighet 1			mm/sek	
	hastighet 2			mm/sek	omkoppling =
	hastighet 3			mm/sek	omkoppling =
25.	Utstötning				
	utstötning, start			mm	
	slaglängd			mm	
	repeterande slag			st.	
	hastighet 1, fram			mm/sek	
	hastighet 2, fram			mm/sek	omkoppling =
	hastighet, retur			mm/sek	
26.	Paustid			sek.	
27.	Cykeltid, total			sek.	"uppmätt"

Tabeller

1

Samband skruvdiameter – doservolym & längd		
Skruvdiameter (mm)	(mm/cm ³)	cm ³ /mm
18	3,93	0,25
22	2,63	0,38
25	2.04	0,49
30	1.41	0,71
32	1,24	0,80
35	1.04	0,96
40	0.80	1,26
45	0.63	1,59
50	0,51	1,96
55	0,42	2,38
60	0,35	2,83
65	0,30	3,32
70	0,26	3,85
75	0,23	4,42
80	0,20	5,03

2

Rek. eftertrycksnivå (bar)	
Amorfa material	
PS, ABS, SAN	450
ASA	400
PMMA, PC, PPE	600 - 800
PC/ABS	600
PSU	500 - 700
PES	600 - 800
PEI	700
Delkristallina material	
LDPE, HDPE	250
PP	350
PA	550
POM	600 - 800
PBT, PET	600
PPS	450

3

Rek. periferihastighet (m/s)	
Amorfa material	
PS	0,9
ABS	0,2 - 0,5
SAN	0,6
PMMA	0,4
PC	0,3 - 0,4
Delkristallina material	
LDPE, HDPE	0,9
PP	0,9
PA	0,8
POM	0,4
PBT	0,2 - 0,3
Rek. startvärde = 0,3 m/s	
Säkert värde = 0,1 m/s	

4

Samband skruvdiameter – doservolym & längd					
Skruvdiameter (mm)	0,1 m/s	0,3 m/s	0,5 m/s	0,7 m/s	0,9 m/s
18	106	318	531	743	955
22	87	261	434	608	782
25	76	229	382	535	688
30	64	191	318	446	573
32	60	179	299	418	537
35	55	164	273	382	491
40	48	143	239	334	430
45	42	127	212	297	382
50	38	115	191	268	344
55	35	104	174	243	313
60	32	96	159	223	287
65	29	88	147	206	265
70	27	82	136	191	246
75	25	76	127	178	229
80	24	72	119	167	215

Formelsamling

- 1 Verktygets min. öppningsväg = formhöjd + 2 x kärnhöjd + ingötslängd + utrymme, robot.
- 2 Låskraft (F_1) = $\frac{A_{proj.} * P_m}{1000}$
 $A_{proj.}$ = Projicerad yta i cm^2 P_m = Medeltrycket i bar F_1 = Låskraft i ton.
- 3 Skruvvarvtal (n) = $\frac{60 * v}{\pi * D}$
 n = Skruvvarvtal (varv/min) v = rek. periferihastighet (m/s) D = Skruvensdiameter (m)
- 4 Materialets uppehållstid (min.) = $\frac{Max. Doseringsvolym}{(Doseringsvolym - Massakudde)} * \frac{Cykeltid (sek)}{30}$
Rek. max. uppehållstid i cylindern = 4 - 5 minuter.
- 5 Rek. torkvolym (kg) = $\frac{Material förbrukning}{Materialets bulkdensitet} * Rek. torktid$
Material förbrukning = Maskinens materialförbrukning [kg/tim.]
Materialets bulkdensitet = Vikten av 1 liter plastgranulat [kg/liter]
För rekommenderad torktid, se processunderlag [tim.]
- 6 Doservolym (cm^3) = Insprutningsvolym + Eftertrycksvolym + Massakudde
Insprutningsvolymen (cm^3) = Detaljvolym + Ingötvolum
Eftertrycksvolymen (cm^3) = 10 - 25 % av insprutningsvolymen
Massakudden (mm) = 10 % av skruvdiametern i mm.
- 7 Insprutningstid (sek) = $\frac{Detaljens godstjocklek (mm)}{2}$
- 8 Insprutningsvolym (cm^3) = $\frac{Total skottvikt (gram)}{Materialets densitet}$
- 9 Insprutningshastighet (cm^3/sek) = $\frac{Insprutningsvolym (cm^3)}{Insprutningstid (sek)}$
- 10 Omkopplingspunkt = Doservolym (Dosering, stopp) - Insprutningsvolym
- 11 Insprutningstryck, säkert (bar) = max. 1000 bar
- 12 Eftertryck (bar) = $\frac{Insprutningstryck}{2} = 500$ bar
- 13 Kyltid, total (sek.) = (2 till 4) x godstjocklek, max 2 (mm)
- 14 Eftertryckstid = 75 % av beräknad total kyltid
- 15 Dekompression (mm) = 10 % av skruvdiametern i mm.

1. Beräkning av startvärden

1. Fyll i kända fakta om Produkt, Material, Formverktyg och Maskin i blanketthuvudet. Tänk på att bl.a. materialkvalitet, skruvdiameter, MB-tillsats och torkparametrar är viktiga.
2. Ta reda på och ställ in rekommenderad form- & cylindertemperaturer för aktuellt material. Inställd temperatur på cylinderns munstycke & sista zon skall motsvara den rek. smälta-temperaturen. Mantelns temp. skall vara något högre än rums- & granulatets temperatur.
3. Om formverktyget är utrustat med varmkanalssystem välj anliggande munstycket, i annat fall inte. Varmkanalssystemets temperatur ställs något lägre än rek. smältatemp.
4. Vid behov ställ in formverktygets öppningsväg med hjälp av formeln nr 1. Tänk på att rörelserna skall vara dämpade samt att formsäkringen skall aktiveras innan rörlig halva går på styrelare eller att eventuella snedpinnar når rörliga backar.
5. Beräkna startvärdet för "Låskraft" i ton eller kN (1 ton = 10 kN) med hjälp av formeln 2, alternativt använd tumregeln = $0,5 \times \text{formrummets projicerade area i ton}$.
6. Beräkna startvärdet för "Insprutningstid" i sekunder med formeln nr 7.
7. Ta reda på eller beräkna skottets "Insprutningsvolym" i cm^3 med hjälp av formeln nr 8.
8. Beräkna startvärdet för "Insprutningshastighet" i cm^3/s med hjälp av formeln nr 9.
9. Sätt startvärdet för "Insprutningstryck, max" = $2 \times \text{"Rek. eftertrycksnivå"}$ se leverantörens rekommendationer, eller tabell 2.
10. Beräkna "1:a skott 80 %" i cm^3 med formeln = $0,8 \times \text{"Insprutningsvolym"}$.
11. Beräkna "Dosering, stopp" i cm^3 med formeln = $1,25 \times \text{"Insprutningsvolym"}$.
12. Sätt startvärdet för "Omkoppling, volym" vid 80 % formfyllnad med hjälp av formeln = $\text{"Dosering, stopp"} - \text{"1:a skott 80 \%"}.$
13. Sätt startvärdet för "Eftertryck" enligt leverantörens rekommendationer, eller tabell 2.
14. Beräkna startvärdet för "Kyltid, total" i sekunder med formeln 13, sätt "2 till 4" = 2,5.
15. Beräkna startvärdet för "Eftertryckstid" i sekunder med formeln nr. 14 om intaget är placerat där detaljen är tjockast. I det fall intaget är placerad i ett tunnare område så bestäms eftertryckstiden av godstjockleken vid intagsstället.
16. Sätt startvärdet för "Skruvhastighet" till rek. 0,3 m/s (300 mm/s). Annars använd formeln nr 3, eller tabell 4. "Samband skruvdiameter" för att omvandla periferihastighet till varvtal.
17. Sätt startvärdet för "Mottryck" till 50 bar. Vid behov kan värdet för mottryck och skruvhastighet ökas, se leverantörens rekommendationer eller tabell 3.
18. Bestäm startvärdet för "Dekompression, efter" med formeln 15. **OBS!** Vid behov omvandla sträckan (mm) till volym (cm^3) med hjälp av tabell nr 1.
19. Sätt utstötarens "slaglängd" kortare än vad utrymmet är framför utstötarpaketet.

2. Formfyllnadsanalys

20. Starta och ställ in formsprutningsmaskinen baserat på erfarenhet och/eller genomförd processberedning. Avvakta så maskin och formverktyg når driftstemperatur samt att materialet är torkat enligt instruktion.
21. Ställ "Omkoppling, volym" i cm³ till motsvarande 80 % formfyllnad, enligt beräkning.
22. Sätt "Eftertryck" till noll (0). Om även "Eftertrycktid" sätts till noll (0) måste "Kyltid, inställd" ökas med "Eftertryckstid", samt även "Doseringsfördröjning" ökas eller ställas till värdet "Eftertrycktid" för att undvika uppackning vid dosering.
23. Ställ formsprutningsmaskin i helautomatisk produktion och låt maskinen producera några skott tills processen upplevs stabil. Vänta alltid minst 2 - 3 efter varje parameterjustering. Tänk även på att 1:a skottet efter en frisprutning är doserad utan mottryck.
24. Genomför en formfyllnadsanalys genom att flytta tillbaka (minska) "Omkoppling, volym" i lämpliga steg tills 98 - 99% formfyllnad nås. Kontrollera samtidigt att "Materialkudde" inte går i botten, blir noll (0). Om detta sker måste de båda värdena "Omkoppling, volym" och "Dosering, stopp" ökas lika mycket.
25. Formfyllnadsanalysen är klar när 98 - 99% formfyllnad nås. Resultatet av analysen bör dokumenteras genom att detaljerna fotograferas.

3. Fastställande, eftertryck & eftertryckstid.

26. Sätt "Eftertryck", "Eftertryckstid" och "Kyltid, inställd" till tidigare framtagna värden och "Doseringsfördröjning" till noll (0). Detaljvikten skall inte förändras om eftertryckstiden sänks eller höjs.
27. Justera eftertrycket i steg till detaljens krav nås gällande mått, vikt & sjunkningar, anteckna värdena i tabellen nedan. Detaljvikten ökar med ökat eftertryck för att sedan plana ut. **OBS!** Väg endast detaljerna i ett skott, utan ingötsystem.

Fastställandet av eftertrycksnivå med hjälp av detaljvikten.										
Eftertryck i bar	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Detaljvikt i gram										
Eftertryck i bar	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Detaljvikt i gram										

28. För amorfa material rekommenderas en eftertrycksprofilering som är fallande. Detta för att minska risken för smältarörelser och orienteringseffekter i intagsområdet.
29. När eftertrycksnivån är bestämd, är det dags att fastställa lämplig eftertryckstid genom att finna tidpunkten när intaget fryser d.v.s. "förseglingspunkten". Detta görs genom att man justeras "Kyltid, inställd" och "Eftertryckstid" mot varandra för att behålla "Kyltid, total". Mät och antecknar detaljvikten efter varje förändring, använd tabellen nedan.

Eftertrycket ska verka fram till förseglingspunkten d.v.s. tidpunkten när intaget stelnat. Detta innebär att så länge intaget är öppet kan eftertrycket packa in smälta i formrummet och därmed hjälpa till att kompensera för sjunkningar och skapa förutsättningar för att detaljen får rätt dimensioner och ytegenskaper.

30. När detaljvikten planar ut och inte längre förändras, trots ökad eftertryckstid, har du hittat processens och intagets förseglingspunkt. Vid öppna varmkanalsdysor och högkristallina material t.ex. POM kan vikten ibland fortsätta stiga svagt. Skärningspunkten mellan kurvans två tangentlinjer motsvarar då intagets förseglingspunkt.
31. Avsluta genom att välja en eftertryckstid som ligger något högre än förseglingspunkt. Därefter får temperaturer, eftertrycksnivån eller cykeltiden ej förändras, vilket annars kan kräva en ny optimering.

4. Detalj- & Processoptimering.

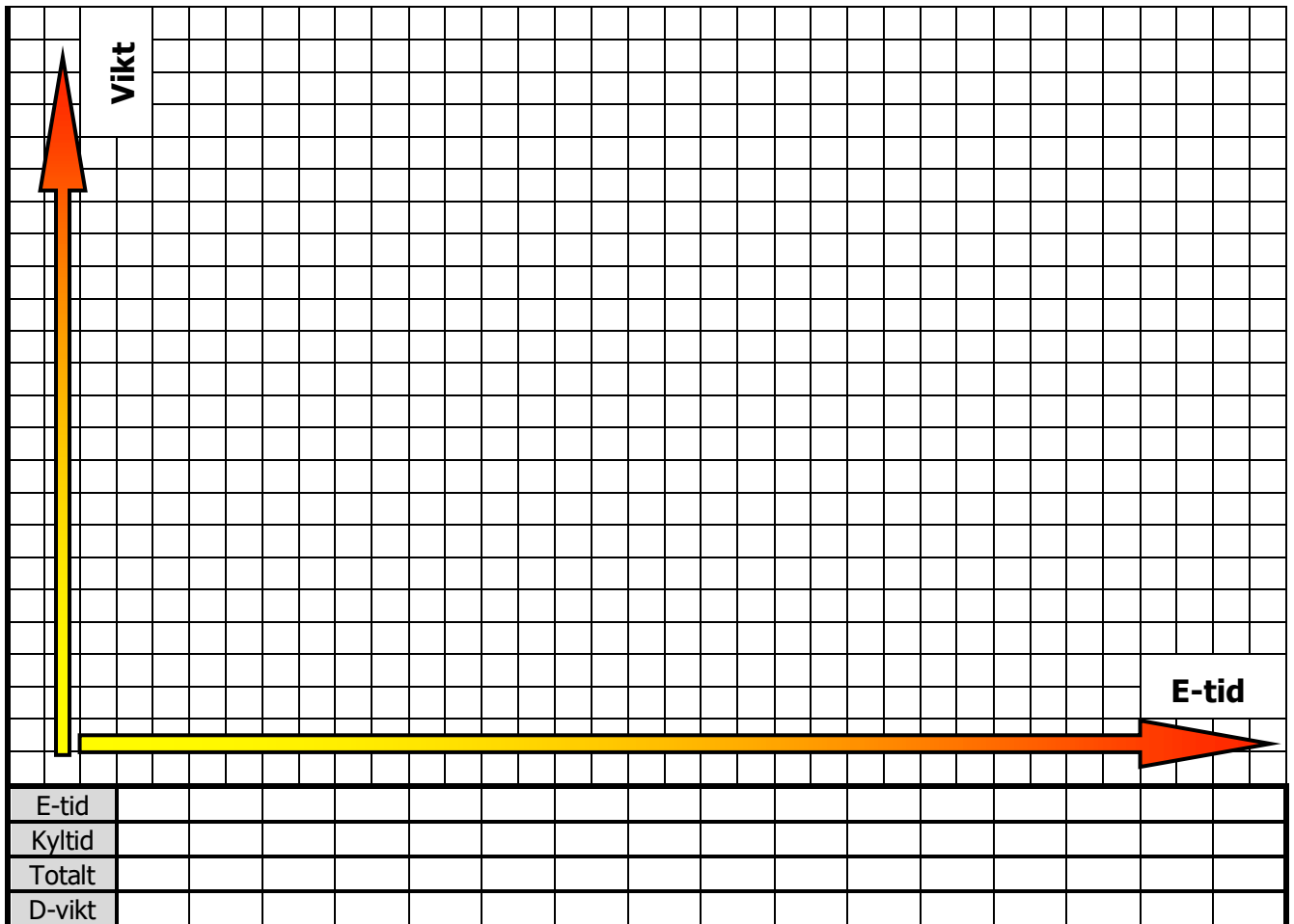
32. För att optimera cykeltiden, kontrollera detaljens avformningstemperatur och eventuella deformation. Vid behov justera "Kyltid, inställd" och samt kontrollera detaljvikten mot värdet vid förseglingspunkten, punkt 30. Vid behov gör om processen "Fastställande, eftertryck & eftertryckstid", då "Kyltid, total" har blivit förändrad.
33. Kontrollera att skruvens dosering avslutas inom kyltiden. Vid behov öka "Skruvhastighet" för snabbare dosering eller sätt "Doseringsfördröjning" för att fördröja doseringen.
34. Kontrollera smältans temperatur genom att frispruta och mäta massan i en smältakopp med en pyrometer (digital temperaturgivare) som blivit förvärmad. Rör runt och vänta 30 sekunder innan temperaturen avläses.
35. Vid risk för termisk nedbrytning av materialet kontrollera "Materialets uppehållstid" med hjälp av formeln nr 4 samt "Rekommenderad torkvolym" med formeln nr 5.
36. Vid behov optimera nödvändig låskraft genom att i steg ändra inställd "Låskraft" samtidigt som en indikatorlocka används för att mäta när formverktygets "gäspning" blir tydlig och låstkraftens nedre gräns är hittad. Avsluta genom att ställa låskraften 10 - 20% högre.
37. Kontrollera detaljens ytor och vid behov justera och profilerar "Insprutningshastigheten" för att få en jämn flytfrontshastighet under insprutningsfasen. Med fördel kan detaljerna från formfyllnadsanalysen, punkt 24 användas för att förenkla analysen av när olika positioner nås på detaljen.
38. Vid behov gör en hastighets- & tidsstudie för att hitta optimerade insprutningshastighet gentemot de hastighetsberoende tryckförlusterna i formverktyget. Metoden innebär att maskinen ställs in motsvarande punkt 24 ovan, d.v.s. utan eftertryck och en ofullständig formfyllnad. Sedan justeras insprutningshastigheten i små steg samtidigt som nödvändigt insprutningstryck och erhållen insprutningstid antecknas, se metodbeskrivning.
39. Kontrollera materialkuddens storlek mot rekommenderat värde enligt formeln nr. 6. Vid behov omvandla sträckan (mm) till volym (cm³) med hjälp av tabell nr 1. Om "Massakudden" behöver justeras görs detta genom att de båda värdena "Omkoppling, volym" och "Dosering, stopp" justeras lika mycket.

Beredning och Provkörningsprotokoll

Tabell - Gjorda förändringar & detaljvikt

Fastställandet av lämplig eftertryckstid med hjälp av detaljvikten.										
Eftertryckstid										
Kyltid, inställd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total kyltid		=		=		=		=		=
Detaljvikt (g)										
Eftertryckstid										
Kyltid, inställd	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Total kyltid		=		=		=		=		=
Detaljvikt (g)										
Eftertryckstid										
Kyltid, inställd	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Total kyltid		=		=		=		=		=
Detaljvikt (g)										

Diagram - Att grafiskt fastställa eftertryckstid



Optimal Eftertryckstid (sek)	
Optimal detaljvikt (g)	

5. Hastighets- och tidsstudie

En hastighets- & tidsstudie är en vedertagen metod för att hitta optimal insprutningshastighet för en formsprutningsprocess. Metoden beskrivs nedan och bygger på principen att man mäter det maximala insprutningstrycket som processen kräver under formfyllnaden, vid ett antal olika insprutningshastigheter.

Metodbeskrivning

1. Ställ in cylindertemperatur efter materialleverantörens rekommendationer. Kontrollera smälttemperaturen så att den ligger i mitten av angivet toleransområde.
2. Ställ "Omkoppling, volym" i cm³ till 80 % formfyllnad, enligt beräkning.
3. Sätt "Eftertryck" till noll (0) och "Eftertrycktid" till noll (0) samtidigt som "Kyltid, inställd" ökas med "Eftertrycktid" och "Doseringsfördröjning" ökas eller ställs till värdet "Eftertrycktid" för att undvika uppackning vid dosering.
4. Ställ max insprutningstryck så högt som möjligt, under förutsättningen att formverktyg och vald maskinstorlek är korrekt dimensionerade med avseende på skottvolym och låskraftutnyttjande. Om skottvolymen är liten eller projicerad area är stor i förhållande till tillgänglig låskraft, ställs max insprutningstryck lägre för att undvika skador.
5. Ställ kyltiden så att produkten med marginal når rätt avformningstemperatur och utstötningen kan ge utan problem. Detta eftersom maskinen inledningsvis kommer att produceras ett antal ofyllda detaljer som kan vara svåra att avforma.
6. Ställ in en låg insprutningshastighet och starta maskinen i halvautomatiskt läge för att producera ett första skott. Justera ned omkopplingspunkten till motsvarande 50 – 60 % formfyllnad, under förutsättningen att utstötning sker.
7. Övergå till att köra maskinen i läget "helautomatiskt produktion".
8. Öka därefter insprutningshastigheten i små steg tills maximal insprutningshastighet nås. Kontrollera så att inte 100 % formfyllnad nås, om detta sker minska "Omkoppling, volym" till max. 98 - 99 % formfyllnad. Om formverktyget har flera kaviteter skall inget formrum vara fyllt över 98 - 99 %.
9. När maximal insprutningshastighet har nåtts, producera några skott och anteckna nödvändigt insprutningstryck och erhållen insprutningstid, i tabellen nedan. Kontrollera att maskinens inställda max. insprutningstryck (t.ex. 1 650 bar) är högre än maskinens utnyttjade (t.ex. 1 250 bar) vid aktuell insprutningshastighet.
10. Sänk sedan insprutningshastigheten i steg om 5 till 10 %. Anteckna nödvändigt insprutningstryck och erhållen insprutningstid för varje steg, totalt 10-15 st. Upprepa förfarandet detta tills lägsta möjliga insprutningshastighet har uppnåtts.
11. Om maskinen inte går att ställa om till "specifika värden" måste utväxlingsförhållandet mellan skruvens hydraulikkolv och skruvens diameter räknas fram. Om detta inte är tillgängligt, sätt värdet till 10. Detta är inte avgörande, eftersom värdet är en konstant och inte påverkar den slutliga grafens generella utseende.

Beredning och Provkörningsprotokoll

12. Beräkna smältans skjuvhastighet med hjälp av uppmätt insprutningstid och formeln,

$$\text{Smältans skjuvhastighet (1/sek)} = \frac{1}{\text{Inspr.tid (s)}}$$

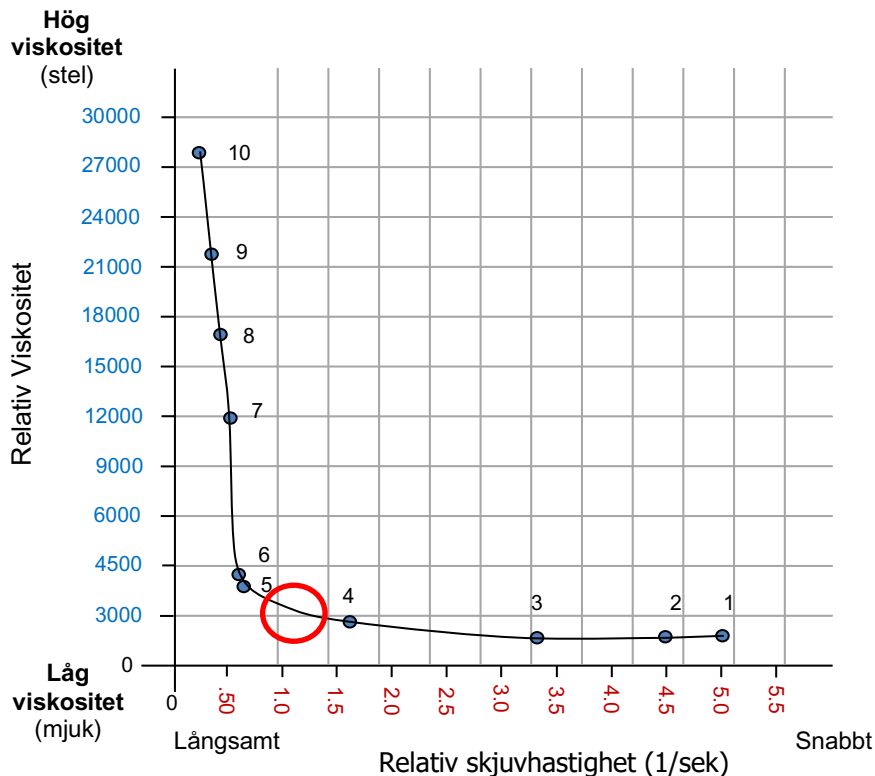
13. Beräkna sedan smältans effektiva viskositet i varje steg med formeln:

$$\text{Smältans effektiva viskositet} = \text{Spec. insprutningstryck (bar)} \times \text{skjuvhastighet (1/s)}$$

14. Skapa en tabell enligt exemplet nedan.

Skott nr.	Insprutningstid (sek)	Skjuvhastighet (1/sek)	Insprutningstryck (bar)	Viskositet
1	0,20	5,0	8720	1 744
2	0,22	4,55	8160	1 795
3	0,30	3,33	5440	1 632
4	0,62	1,61	4640	2 877
5	1,47	0,68	2969	4 364
6	1,52	0,65	2960	4 499
7	1,92	0,52	6260	12 019
8	2,13	0,47	8160	17 381
9	2,52	0,40	8560	21 571
10	3,31	0,30	8360	27 672

15. Rita därefter en viskositetskurva enligt exemplet nedan.



16. Optimal insprutningshastighet hittas i området där kurvan planar ut d.v.s. där det krävs lågt insprutningstryck för att uppnå hög insprutningshastighet.