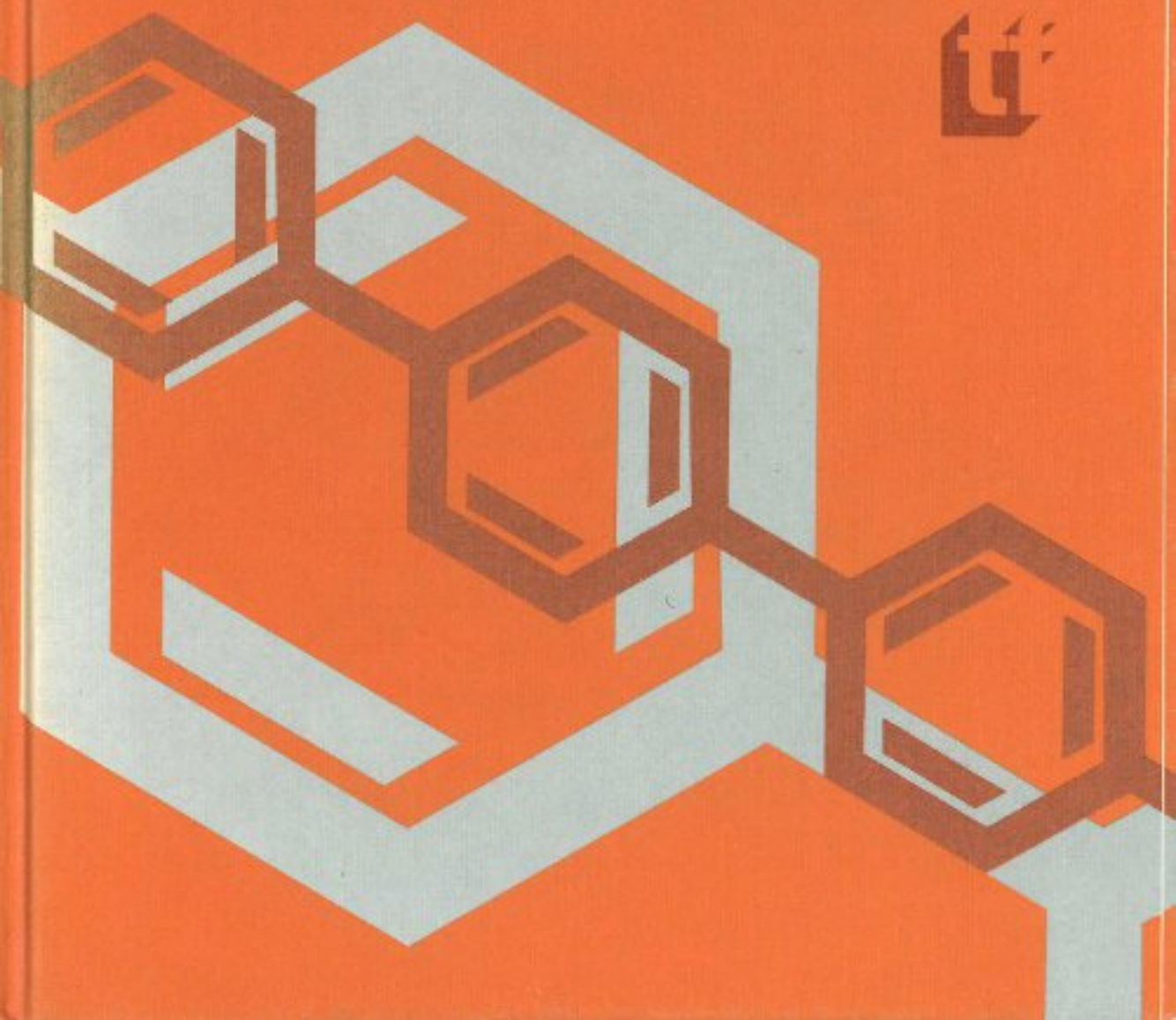


# plast & gummiståbi



# **Plast og gummi ståbi**



# Plast og gummi ståbi

*Faglig redaktør:*  
Kåre Hastrup

*Faglig redaktør*  
Civilingeniør Kåre Hastrup

*Fagmedarbejdere*

Plast:

Civilingeniør Kjeld Karbæk  
Civilingeniør Mogens Jensen  
Civilingeniør Bent Schifter-Holm  
Civilingeniør Erik M. Kjær

Gummi:

Civilingeniør Henrik Broe Olesen  
Civilingeniør Willy Olesen  
Civilingeniør Keld Venø Poulsen

Matematik og fysik:

Civilingeniør Kåre Hastrup

Brand:

Civilingeniør Gunnar Atlung

Standardisering:

Civilingeniør Kåre Hastrup

Miljø:

Civilingeniør Kåre Hastrup

Dette er et fotografisk genoptryk af *Plast og Gummi Ståbi*, der udkom i 1992. Siden 1992 er der sket stor udvikling på mange områder inden for plast- og gummiområdet, og mange ting vil være forældede i bogen.

Genoptrykket er udelukkende lavet som e-bog og den har ISBN: **978-87-571-3287-8**

Kvaliteten af "trykket" er desværre ikke helt i den kvalitet vi kunne have ønsket, men vi har valgt alligevel at lade bogen være tilgængelig, da vi gennem årene har fået utallige henvendelser fra kunder, der ønskede adgang til *Plast og Gummi Ståbi*.

Nyt Teknisk Forlag  
Vigerslev Allé 18, 3.  
2500 Valby

**Plast og gummi ståbi**

Copyright © Teknisk Forlag A/S 1992

Forlagsredaktion: Erik Øhlenschläger

Tegninger: Grafisk Værk A/S

Omslag: Louis Lundgren

Sats: Grafisk Værk A/S

Montage: Grafisk Værk A/S

Tryk: Teknisk Forlag A/S, København

Printed in Denmark 1992

ISBN 87 571 1380-7

# Forord

Denne Plast og Gummi Ståbi er tænkt som en hjælp til dem, der er beskæftiget med plast- og gummiforarbejdning og konstruktion i plast og gummi.

Bogen er opdelt i to blokke. I første blok (kapitel 1 til 4) findes data om gængse plast- og gummyper, og et bredt udvalg af processer er beskrevet. Materialebeskrivelserne er ordnet alfabetisk, og data i forhold til relevante anvendelser er beskrevet. I anden blok (kapitel 5 til 12) omtales de konstruktionsmæssige forhold ved anvendelse af plast og gummi.

Indenfor hvert af bogens 12 kapitler forekommer underafsnit, som er angivet med op til to underniveauer. Indholdsfortegnelsen for ståbien rummer titlen på alle kapitler og underafsnit. For at lette brugen er ståbien udstyret med et omfattende register.

Redaktionen modtager gerne enhver kritik, oplysning om fejl, forslag til ændringer eller andet, der kan medvirke til at gøre Polymer Ståbi til den pålidelige opslagsbog for sine brugere.

Teknisk Forlag 1992

# PLAST

fra Nordens førende plastleverandør

**SCS Dukadan AS** lagerfører  
et bredt program i :

- Teknisk plast
- Byggeplast
- Rør og fittings

SCS Dukadan AS



Kristrup Engvej 9  
DK-8900 Randers  
Telefon : 89 110100  
Telefax : 86 415890

SCS Plast Gruppen - Nordens førende plastleverandør

---

# Indhold

## Blok A

<b>1</b>	<b>Plastmaterialer</b>	<b>17</b>	1.12	Polycarbonat (PC)	49
1.1	ABS (acrylnitril-butadienstyren-terpolymer)	17	1.13	Polyetheretherketon (PEEK)	53
1.1.1	ASA (acrylesterstyren-acrylnitril-terpolymer)	19	1.14	Polyetherimid (PEI)	55
1.1.2	ACS (acrylnitrilchloreret polyethylenstyren-terpolymer)	19	1.15	Polyethersulfon (PES)	57
1.2	Acetalplast eller polyoxymethylen (POM)	20	1.16	Polyethylen (PE)	59
1.3	Acrylplast eller polymethylmethacrylat (PMMA)	23	1.17	Polyimid (PI)	63
1.4	Aminoplast	26	1.18	Polymethylpenten (PMP)	65
1.4.1	Carbamidplast (UF)	26	1.19	Polyphenylenether, modificeret (PPE/SB)	67
1.4.2	Melaminplast (MF)	27	1.20	Polyphenylen-sulfid (PPS)	70
1.5	Celluloseplast	28	1.21	Polypropylen (PP)	71
1.6	Epoxy (EP)	31	1.22	Polystyrener (PS, S/B, SAN)	74
1.7	Fluorplast	33	1.23	Polysulfon (PSU)	76
1.7.1	Polytetrafluorethylen (PTFE)	33	1.24	Polyurethan (PUR)	79
1.7.2	Polychlorotrifluorethylen (PCTFE)	36	1.25	Polyvinylchlorid (PVC)	83
1.7.3	Tetrafluorethylen-hexafluorpropylen-copolymer (FEP)	36	1.26	Termoplastiske polyestere (PET og PBT)	89
1.7.4	Ethylen-chlorotrifluorethylen-copolymer (ECTFE)	36	1.27	Umættet polyester (UP)	92
1.7.5	Perfluoralkoxypolymer (PFA)	36	<b>2</b>	<b>Gummimaterialer (elastomerer)</b>	97
1.7.6	Ethylen-tetrafluorethylen-copolymer (ETFE)	36	2.1	Acrylatgummi (ACM)	97
1.7.7	Polyvinylidenfluorid (PVDF)	37	2.2	Butadiengummi (BR)	98
1.7.8	Polyvinylfluorid (PVF)	37	2.3	Butyl-, chlorbutyl-, og brombutylgummi (IIR, CIIR, BIIR)	99
1.8	Flydende krystal-polymer (LCP)	38	2.4	Chloroprengummi (CR)	101
1.9	Phenolplast (PF)	40	2.5	Chlorpolyethylengummi (CPE, CM)	105
1.10	Polyamider eller nylon (PA)	43	2.6	Chlorsulfonfylpolyethylengummi (CSM)	106
1.11	Polyamidimid (PAI)	47	2.7	Epichlorhydringummi (CO, ECO)	107
			2.8	Ethylen-acrylatgummi (EMM)	108
			2.9	Ethylen-propylengummi (EPM, EPDM)	109
			2.10	Ethylen-vinylacetatgummi (EAM)	112



2.11	Fluoralkoxyphosphazengummi (FZ)	112	3.4.1	Armeringsmaterialer	163
2.12	Fluorgummi (FPM)	113	3.4.2	Leveringsformer for armeringsfibre	165
2.13	Isoprengummi (IR)	114	3.4.3	Processer, hvor fibrene vædes i formen	166
2.14	Naturgummi (NR)	115	3.5	Foliebelægning	168
2.14.1	Naturgummimodifikationer	121	3.6	Folieblæsning	168
2.15	Nitrilgummi (NBR, HNBR, XNBR, PVC/Nitril)	121	3.7	Foliestrækning	170
2.15.1	Carboxyleret Nitrilgummi (XNBR)	123	3.8	Krympefolier	172
2.15.2	PVC/Nitril	124	3.9	Laminering	172
2.15.3	Hydrogeneret nitrilgummi	125	3.10	Limning	172
2.16	Norbonengummi (PNR)	125	3.10.1	Limtyper	173
2.17	Polyoctenylengummi (TOR)	126	3.10.2	Limning af amorfe plast	173
2.18	Polysulfidgummi (T)	127	3.10.3	Limning af krystallitiske plast	174
2.19	Propylenoxidgummi (GPO)	127	3.10.4	Limning af hærdeplast	174
2.20	Silicongummi (Q)	128	3.10.5	Forberedelse til limning og påføring af lim	174
2.21	Styren-butadiengummi (SBR, XSBR)	130	3.11	Sprøjttestøbning	174
2.21.1	Carboxyleret styren-butadiengummi (XSBR)	133	3.11.2	Procesbeskrivelse	174
2.22	Urethangummi (AU, EU)	133	3.11.3	Produktionsudstyr	178
2.23	TPE -SBS, -SIS og -SEBS blokcopolymerer	135	3.11.4	Reproducerbarhed	179
2.24	TPE-polyether-amid	138	3.11.5	Sprøjttestøbmaskinen	179
2.25	TPE-polyether-estere	139	3.11.6	Formningsprocessen	184
2.26	TPE-urethaner (TPE EU/AU)	139	3.11.7	Emneudformning	189
2.27	TPE – PP/EPDM	141	3.11.8	Sprøjttestøbeværktøjets opbygning	190
2.28	TPE PP/NBR	142	3.11.9	Værktøjskonstruktion	193
2.29	TPE PP/IIR	142	3.11.10	Indløbssystemer	195
2.30	TPE-Cl-PE/Vulkanisat	142	3.11.11	Værktøjsfremstilling	206
<b>3</b>	<b>Forarbejdningmetoder for plast</b>	145	3.11.12	Andre sprøjttestøbetoder	208
3.1	Blæsestøbning	145	3.12	Svejsning	210
3.1.1	Ekstruderingsblæsestøbning	145	3.12.1	Svejsning af folier	210
3.1.2	Specielle varianter af blæsestøbeprocessen	148	3.12.2	Svejsning af tykkere emner	212
3.2	Coating	150	3.13	Termoformning	213
3.3	Ekstrudering	151	<b>4</b>	<b>Forarbejdning af gummi</b>	217
3.3.2	Ekstruderingsværktøjer	158	4.1	Compoundering	217
3.3.3	Coekstrudering	162	4.2	Valseværk og gummimixer	218
3.4	Fiberarmering	163	4.3	Vulkanisering	220
			4.4	Formgivning og vulkanisering af gummiprodukter	222
			4.5	Formning af højviskose materialer	224
			4.5.1	Kompressionsformning	226
			4.5.2	Transferformning	227

4.5.3	Injektionsformning	228	5.1.2	Roduddragning	275
4.5.4	Bælgformning	231	5.1.3	Differens- og kvotientrækker	275
4.5.5	Vikkelvulkanisering	233	5.1.4	Ligninger	275
4.5.6	Blykappevulkanisering	233	5.1.5	Rentesregning	276
4.5.7	Fri Vulkanisering	233	5.2	Funktioner	276
4.5.8	Båndvulkanisering	234	5.2.1	Logaritme	276
4.6	Formning af lavviskose materialer	234	5.2.2	Trigonometri	276
4.6.1	Støbeprocessen	235	5.2.3	Differentiation	277
4.6.2	Reaktions-injektionsformning RIM	236	5.2.4	Integration	277
4.7	Ekstrudering af gummi	236	5.3	Geometri	277
4.8	Vulkanisering af ekstruderede emner	242	5.3.1	Koordinatsystem (x, y)	277
4.9	Kalanderering	243	5.3.2	Plane flader	279
4.10	Dypning	249	5.3.3	Rumlige legemer	283
4.10.1	Latexblandinger og gummiopløsninger for dypning	249	5.4	Fysik	288
4.11	Spredning	250	5.4.1	Det græske alfabet	288
4.12	Armering af gummi-produkter	252	5.4.2	Præfiks	289
4.12.2	Armeringsmaterialer	252	5.4.3	Fysiske enheder	290
4.12.3	Tekstilfibrenes nomenklatur	254	5.4.4	Atommasse tabel	294
4.12.4	Tekstilmaterialers konstruktion	256	<b>6</b>	<b>Polymerfysik</b>	297
4.12.5	Kvældningsforhold for fiberforstærket gummi	260	6.1	Egenskabsrelationer	297
4.12.6	Eksempler på fiberforstærkede produkter	262	6.2	Molekylfysik	299
4.13	Færdiggørelsesteknikker	264	6.2.2	Molekylbindinger	300
4.13.1	Gummiprodukter formet ved vulkanisering	264	6.2.3	Konformationer og konfigurationer	301
4.13.2	Gummiprodukter formet efter vulkanisering	265	6.3	Polymere material kategorier	303
4.14	Tolerancer på gummi-produkter	267	6.3.1	Amorf termoplast	303
4.15	Lagring af gummiprodukter	271	6.3.2	Delkrystallinsk termoplast	304
			6.3.3	Flydende-krystal-polymer	304
			6.3.4	Hærdeplast	304
			6.3.5	Termoplastisk elastomer	304
			6.3.6	Vulkaniseret elastomer, gummi	304
			6.4	Molekylmassebegrebet	305
			6.4.1	Molekylmassefordeling	305
			6.4.2	Middelmolekylmasse	305
			6.4.3	Viskositetstal	306
			6.4.4	K-værdi	307
			6.4.5	Smelteindeks	307
			6.4.6	Molekylmassens betydning for egenskaberne	308
			6.5	Glasovergang	309
			6.5.2	Molekylære relationer	311
			6.5.3	Glasovergangens tidsafhængighed	313
<b>Blok B</b>					
<b>5</b>	<b>Matematik og fysik</b>	275			
5.1	Algebra	275			
5.1.1	Potensopløftning	275			

6.6	Krystallisation	314	7.3	Anvendelsestemperatur- område	351
6.6.2	Krystallit-smeltepunkt	315	7.3.1	Lavtemperaturgrænsen	351
6.6.3	Molekylære forudsætning- er	315	7.3.2	Højtemperaturgrænsen	352
6.6.4	Krystallinske aggregater	316	7.4	Viskoelastiske egenskaber	352
6.6.5	Krystallisationsprocessen	316	7.4.1	Resiliens	352
6.6.6	Krystallinitetens betyd- ning for egenskaberne	319	7.4.2	Viskoelastiske egenskaber	353
6.7	Viskoelasticitet	320	7.4.3	Vibrationsisolering	356
6.7.1	Viskoelastiske modeller	320	7.5	Slidstyrke	358
6.7.2	Krybning	321	7.6	Udendørsældning (lysbestandighed/ozon- bestandighed)	358
6.7.3	Angivelse af krybeegen- skaber	322	7.7	Permeabilitet	360
6.7.4	Boltzmann's super- positionsprincip	323	7.8	Densitet	360
6.7.5	Relaksation	324	7.9	Bestandighed overfor kemiske stoffer	360
6.7.6	Tid-temperatur super- position	324	7.10	Pris	374
6.7.7	Dynamisk-mekanisk dæmpning	325	<b>8</b>	<b>Valg af plastmaterialer</b>	377
6.8	Forarbejdningsegenskaber	327	8.1	Indledning	377
6.8.2	Termoelasticitet	331	8.2	Metodikken	377
6.8.3	Flydeegenskaber	332	8.3	Konvertering fra brugskrav til materialekrav	382
6.9	Polymere smelters reologi	334	8.3.1	Anvendelse ved forhøjede temperaturer	382
6.9.2	Forskydningshastighed	336	8.3.2	Slagstyrke	382
6.9.3	Forskydningspænding	336	8.3.3	Styrke eller stivhed	383
6.9.4	Viskositetskurven	337	8.3.4	Udmattelse	384
6.9.5	Temperaturforskydnings- faktor	338	8.4	Udvælgelse af et materiale	386
6.9.6	Viskositets-relationer	338	<b>9</b>	<b>Brandtekniske forhold</b>	393
6.9.7	Trykkets indflydelse på viskositeten	339	9.1	Betydning af termiske egenskaber	393
6.9.8	Smelte-elasticitet	340	9.2	Termisk nedbrydning	394
<b>7</b>	<b>Konstruktionstekniske egenskaber for gummi</b>	345	9.3	Røgdudvikling	395
7.1	Hårdhed	345	9.4	Oxygenmangel og forgiftningsrisici	396
7.1.1	IRHD Indtrykningshårdhed	345	9.4.1	Termoplastgruppens risikobidrag	397
7.1.2	Shore-hårdhed	345	9.4.2	Elastomergruppens risikobidrag	398
7.1.3	Kraft/deformationsforløb	348	9.4.3	Hærdeplastgruppens risikobidrag	398
7.1.4	Youngs modul	348	9.5	Brandhæmmere og deres funktion	401
7.1.5	Mooney-Rivlin konstanter	349			
7.1.6	Trækmodul	349			
7.2	Trækbrudstyrke ved stue- temperatur	351			

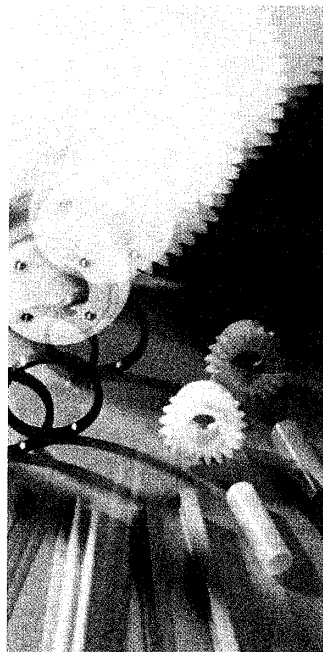
9.5.1	Halogenholdige brandhæmmere	402	9.8	Danske Rådgivnings- og brandprøvningsinstitutter med flere	419
9.5.2	Fosfater, borater og hydroxider som brandhæmmere	403	<b>10</b>	<b>Standardisering og standardiseringsorganisationer</b>	421
9.5.3	Fremtiden for brandhæmmede plastmaterialer	404	10.1	Dansk Standard, DS	421
9.6	Karakterisering af brandhæmmede plast og gummi	405	10.2	Standardisering	421
9.6.1	Brandprøvningsmetoders begrænsning	405	10.3	International standardisering	422
9.6.2	Prioritering af betydningsfulde brænd-egenskaber	406	10.3.2	CEN, den vesteuropæiske standardiseringsorganisation	422
9.6.3	Specifikation af materialekrav	407	10.4	Udarbejdelse af en standard	423
9.6.4	Forkortelser for standardiserings- og prøvningsorganer	408	10.5	Publikationer	424
9.6.5	Lister over standarder: ASTM, BS, DIN, ISO, NF	408	10.5.1	Typer af standardpublikationer	424
9.6.6	Brandklassifikation og prøvningsinstitutter	411	10.5.2	GATT-aftalen	424
9.7	Prøvningsforskrifter og krav registreret efter produktgrupper	413	10.5.3	Notificering	425
9.7.1	Brandkrav til bygningskomponenter	413	<b>11</b>	<b>Plast og miljø</b>	427
9.7.2	Informationskilder vedrørende bygningsbrandteknik	415	11.1	Renere teknologi	427
9.7.3	Supplerende standarder på el-området	416	11.2	Sundhedslære og miljøskader	427
9.7.4	Brandforhold for indbo/inventar	417	11.3	Afgifter	428
9.7.5	Brandprøvningsmetoder for polstermøbler, sengeudstyr og boligtekstiler	418	11.4	Plast i kontakt med levnedsmidler	428
			11.5	PVC-aftalen	428
			<b>12</b>	<b>Handelsnavne</b>	429
				<b>Litteraturliste</b>	443
				<b>Stikord</b>	448
				<b>Annoncøversigt</b>	456

# GRÄNGES med et bredt produksortiment

Ring og få vort  
generelle lagerkatalog  
eller Grafisk Plast A-Z  
katalog tilsendt uden  
beregning.

	Stænger	Rør	Plader Folier	Ribbeplader
PS			•	
PC	•		•	•
PVC	•	•	•	
PA	•	•	•	
POM	•	•	•	
PTFE	•	•	•	
PETP	•	•	•	
PMMA	•	•	•	•
PE	•		•	
PP	•		•	
PVDF	•		•	
PSU	•		•	
PEEK	•	•	•	
PES	•		•	
ECTFE	•	•		

Samt stort udvalg i tilbehør som:  
Profiler, svejsetråd, lim



Gränges er kendt for det brede produksortiment. Med de allerbedste kvaliteter af plast i stænger, rør, plader/folier og ribbeplader sikrer Gränges sine kunder de bedste betingelser.

Produkter som Plexiglas, Makrolon, Kömadur, Kömacel, Kömapor, Kömatex indgår i Gränges' standard lagerprogram.

Gränges sikrer kvaliteten af sine plastprodukter ved hjælp af en meget skrap kontrol.

Produkterne fra Gränges er ensartede og gennemtestede. Produkternes egenskaber kan til enhver tid tilpasses dansk byggeri og industri's hårde krav.

Derfor giver Gränges ofte op til 10 års garanti på sine leverancer.

## Hurtig levering over hele landet

Med ekspedition i både København, Odense og Århus ligger Gränges i front som landsdækkende leverandør af plast-halvfabrikata. En ekstra sikkerhed for kunder, der har brug for hurtig levering.

Gränges kan altid yde sine kunder maximal service. Ønskes produkterne tilpasset har vi moderne maskiner til skæring præcist efter mål. Gränges kan levere plastprodukter skåret på særdeles fine tolerancer.

Gränges satser konstant på at lagerføre efter kundernes ønsker, og på at være både først og bedst – uanset hvad opgaven går ud på.

Med Gränges som partner bliver alle ønsker tilgodeset:

- optimal service
- hurtig levering
- alt på lager
- præcisionsleble stænger
- præcisionsskærne plader



**København:** Vallensbækvej 6, DK-2605 Brøndby  
Telefon 42 45 36 00 . Telefax 43 43 36 38 . Telex 33 151 metco dk

**Odense:** Hvidkærvej 7, DK-5250 Odense SV  
Telefon 66 17 10 11 . Telefax 66 17 59 11 . Telex 59 897 metal

**Århus:** Sindalsvej 36, DK-8240 Risskov  
Telefon 86 21 15 55 . Telefax 86 21 25 22 . Telex 68 255 placo