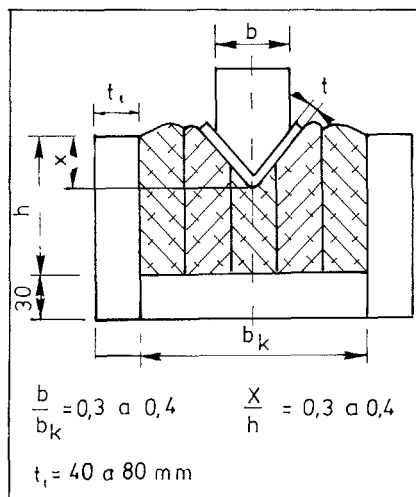


Het vervormen, buigen en snijden met elastomeren

Ir. P.J.M. Boes

Met vormen en snijden met behulp van rubber kunnen kleine series goedkoop worden gemaakt. De methode heeft ook beperkingen, gezien de geringe standtijd van de rubber en de vereiste hoge drukken. Hiervoor zijn dan relatief zware en dus dure persen nodig.

Het buigen van plaat over een **rechte** buiglijn kan het eenvoudigste worden uitgevoerd op een conventionele zet-, kant- of buigmachine. Voor speciale toepassingen kan de V- en U-vormige stalen buigmatrijs worden vervangen door een elastisch kussen. Hiervoor wordt dikwijls een poly-urethaanrubber gebruikt, als massief materiaal of als hol profiel. De drukken in het rubber kunnen zeer hoog oplopen en daarom moet de houder, ook wel "koffer" genoemd, sterk worden uitgevoerd. In figuur 1 zijn enige aanbevelingen voor de afmetingen van een dergelijk koffer opgenomen.



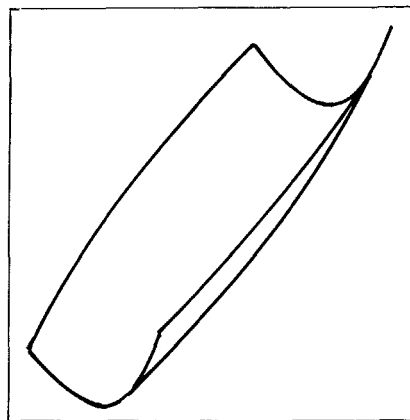
Figuur 1 Constructieve gegevens en opzet voor een buiggereedschap met een elastisch kussen

Voor het vormen of buigen kan van de traditionele buigmachines gebruik worden gemaakt, maar ook van conventionele hydraulische en – voor het snijden – van mechanische persen. Voor de specialisten zijn de speciale persen volgens de Guérin- of Verson-Wheelon-methode te koop. Bij het buigen vormt de terugvering van de plaat een probleem. Dit is ook bij het gebruik van elastomeren het geval. Door het opvoeren van de druk

kan de terugvering $\Delta \propto$ wel worden beperkt. In het algemeen kan men zeggen dat de terugvering $\Delta \propto$ groter wordt indien:

- buigradius R groter,
- plaatdikte t kleiner,
- E-modulus kleiner,
- versteviging groter,
- en de hardheid groter wordt.

Het gebruik van elastomeren wordt echter pas een werkelijk voordeel, indien aan producten een **gekromde** buiglijn voorkomt. Deze kan dan nog in een plat vlak liggen zoals de producten die worden beschreven in het artikel van Kliment en De Kruijk [1]. Hier zijn profielen en tussenschotten weergegeven waaraan flenzen zijn gebogen. Figuur 2 toont een andere vorm van een product



Figuur 2 Produkt met een gekromde buiglijn

Rubberpersen

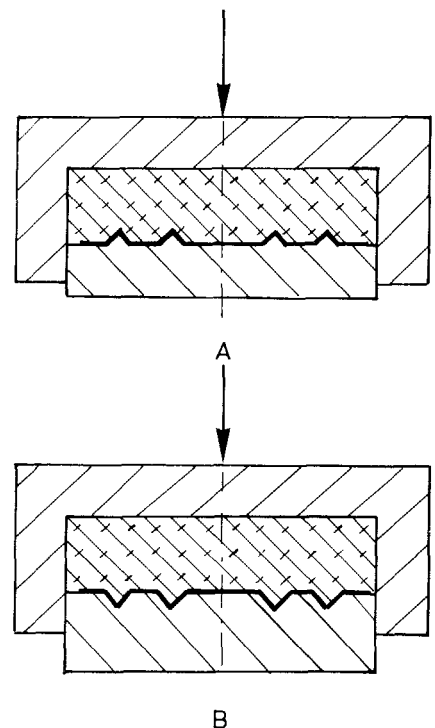
Het vormen van ondiepe producten en het aanbrengen van verstijvingsribben kan op twee manieren gebeuren. De vorm of ribben kunnen **op** of **in** het staal van de vormmatrijs worden aangebracht, zie ook figuur 3A en B. De diepte van de rillen bij de uitvoering A is groter daar hier voor de buitenste rillen materiaal van de omtrek naar binnen kan worden aangevoerd. In dit geval is het van voordeel

groeven in de rubberplaat aan te brengen.

Bij de uitvoering B wordt de ribbe geheel uit de rek gehaald en is uit dien hoofde beperkt tot de breukrek van het materiaal. Voor handelskwaliteit staalplaat moet gerekend worden met een toelaatbare rek van 30% tot 35%.

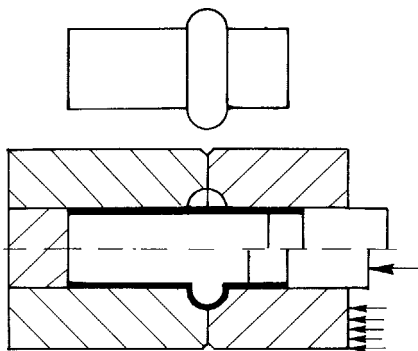
Toch heeft de uitvoering van matrijs B de voorkeur, omdat hier de blenk vlak op de matrijs kan worden gelegd en de druk in het rubber geleidelijk kan worden opgebouwd. Ook kunnen plaatselijk metalen vormstukken in het rubber worden opgenomen of kan men gebruik maken van losse platen die dan als plooihouders kunnen fungeren.

Indien het materiaal vanuit de omtrek kan toevloeren, bestaat het gevaar dat het product onvlak of scheluw wordt. Een probleem dat vooral bij ondiep trekwerk kan voorkomen. Door de blenk aan de omtrek vast te houden en een grotere trekspanning en rek aan te brengen, kan dit scheluwtrekken worden verbeterd.



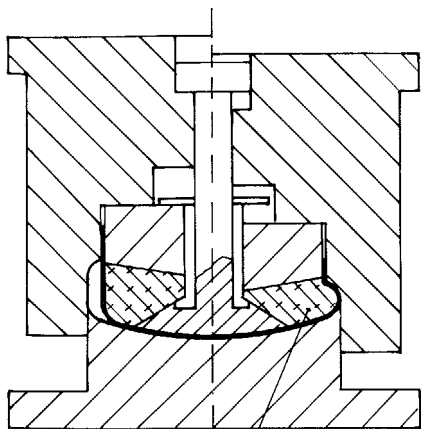
Figuur 3 Twee uitvoeringsvormen van een gereedschap voor het persen van rillen in een plaatdeel

Het aandrukken van rillen aan buizen of in de wand van diepgetrokken produkten kan goed met behulp van rubber. Is de diameter van de buis klein en de wanddikte relatief groot, dan is een elastisch medium niet beslist nodig. Een dergelijke ril kan namelijk ook worden verkregen door de buis in axiale richting te stuiken, zie figuur 4. Ter plaatse waar de buis in het gereedschap niet is gesteund, knikt de buis uit. Dergelijke rillen worden wel gebruikt om buizen in plaatdelen te bevestigen, of om sluitringen op het eind van een buis aan te brengen.



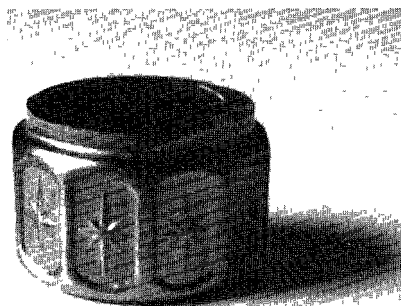
Figuur 4 Principe van een gereedschap voor het persen van rillen aan buis

Het maken van deksels voor bijvoorbeeld koffiepotten kan met behulp van rubber. Figuur 5 toont hier een voorbeeld van. Wel is het zaak er op te letten dat het materiaal vanuit de hoogte kan toestromen en dat de overgangen tussen de metaaldelen van het gereedschap en het rubber door de hoge drukken niet zichtbaar worden. De drukken zijn zo hoog, dat elke ongerechtigheid van de matrijs wordt afgedrukt.



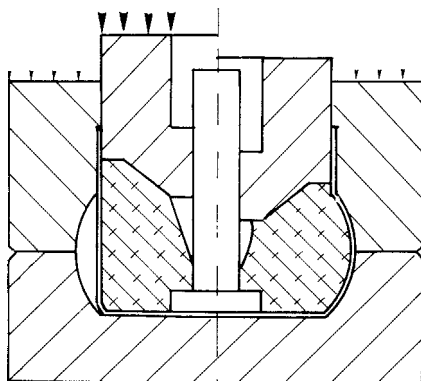
poly-urethaanrubber
60-80 Shore A

Figuur 5 Het vormen van rillen of voren aan dekseltjes



Figuur 6 Asbak, de voorvorm is gemaakt door middel van uitbuiken

Een ander voorbeeld van het gebruik van rubber in een vormgevend gereedschap is het zogenoemde uitbuiken. Bij het produkt van figuur 6 is voor de voorvorm gebruik gemaakt van een gereedschap volgens figuur 7. Een probleem, dat in de literatuur nergens wordt beschreven, is het diesel-effect. De getrokken beker en het rubberdeel van het gereedschap zijn meestal dusdanig gevormd dat lucht in het produkt tijdens het vormen kan worden opgesloten. Indien de bewerking op een snelle pers wordt uitgevoerd, wordt de opgesloten lucht in een zeer korte tijd gecomprimeerd, hetgeen leidt tot een aanzienlijke temperatuurverhoging. De olie of het smeermiddel kan dan tot ontbranding komen. Men heeft dan een dieselmotor gecreëerd. De hoge druk van de lucht kan overigens gunstig uitwerken op de kwaliteit van het oppervlak. De levensduur van het elastomeer is dan wel beperkt.



Figuur 7 Principe van een gereedschap voor het uitbuiken

Gereedschap

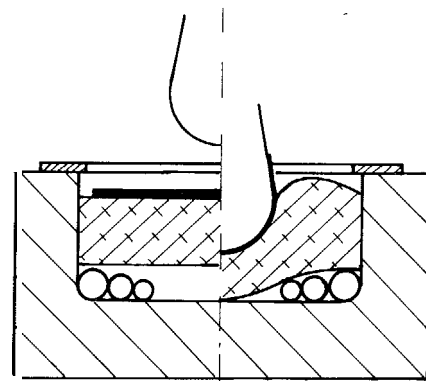
Voor de vorm van mallen die op de perstafel van een rubberpers worden gelegd, kan OBO-hout of Lignostone worden gebruikt. Dit is een laminaat van vele lagen beukenhout dat geïm-

pregneerd is met kunststof. Dit materiaal heeft een grote vorm- en drukvastheid. Worden de eisen hoger gesteld of zeer hoge drukken gebruikt dan moet voor de mal toch een goed stuk staal met een treksterkte $\sigma_B = 700 \text{ N/mm}^2$ worden aanbevolen. Het omhulsel van het rubber – het koffer – moet sterk zijn uitgevoerd om de hoge inwendige druk te weerstaan. Een wanddikte van 30–70 mm is nodig. Hierbij moet ook aandacht worden besteed aan de bevestiging van de gereedschapsdelen onderling.

Het kussen kan uit één stuk rubber zijn, doch het is beter dit uit verschillende delen op te bouwen. Voor plaatsen waar de slijtage of het insnijden sterk is, kunnen dan speciale slijtplaten worden gebruikt. Ook is het mogelijk een combinatie van zacht rubber onder in het koffer te combineren met een harde slijtplaat van bijvoorbeeld 90 Shore A.

Is de indrukweg van het stempel groot, dan is het zaak ervoor te zorgen dat de platen rubber zo veel mogelijk op buiging worden belast. Om dit buigefect te verkrijgen, kunnen hiervoor dan in het koffer speciale staven worden aangebracht, zie figuur 8.

Voor buiglijsten zijn er speciale holle polyurethaan profielen in de handel waardoor het rubber bij het buigen gunstiger wordt belast en een langere standtijd wordt bereikt. In het algemeen kan men stellen dat het volume dat tijdens de deformatie wordt verplaatst, ergens moet blijven, daar moet ruimte voor zijn.

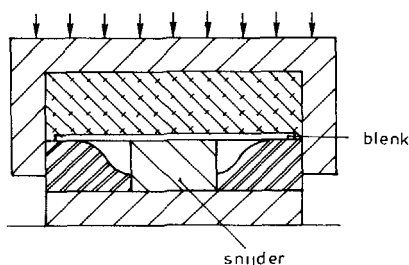


Figuur 8 Buigmatrijs, waarin staven zijn gelegd om een gelijkmatige buiging van de rubberplaat te verkrijgen

Het snijden of ponsen

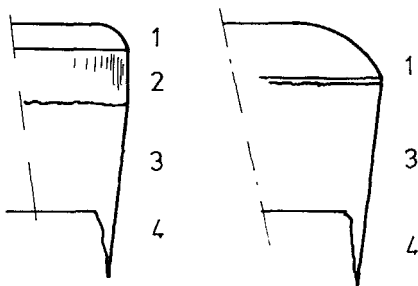
Beter is te spreken van het snijden of scheiden van plaatdelen in plaats van ponsen. Voor het ponsen heeft men een snijplaat en een snijder nodig. Indien gebruik wordt gemaakt van een

rubberkussen is alleen een snijder nodig. Het scheidingsmechanisme van de plaat is anders dan bij het ponsen. Bij het ponsen spreekt men van een afronding (1) van een snijvlak (2), van een breukvlak (3) en van een braam (4). Bekijk de vlak van de snede van een plaat die met behulp van rubber is gesneden, dan blijkt de afronding (1) veel groter te zijn, van een glad en strak snijvlak is nauwelijks sprake, het breukvlak is groot en ook de braamvorming is sterker; zie ook de figuren 9 en 10.



Figuur 9 Principe van een snijgereedschap

De snijder moet omgeven zijn met een materiaaldeel volgens figuur 9. De snijder zelf moet 7 à 10 mm hoog zijn. De te snijden plaat ligt dan vlak op de snijder en wordt aan de omtrek gesteund. Bij het opzetten van het rubberkussen wordt er eerst druk opgebouwd en vindt er een sterke vervorming plaats voor de plaatdelen worden gescheiden.

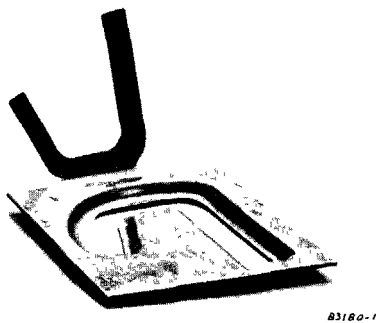


Figuur 10 Vergelijking van het snijvlak bij het rubbersnijden en bij het ponsen met snijder en snijplaat

Niet in alle gevallen kan rubber voor het snijden worden gebruikt. Problemen zijn te verwachten bij:

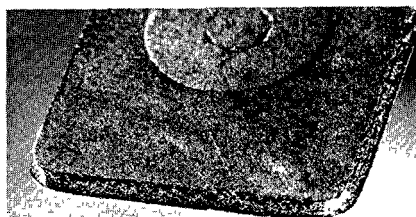
- gaten kleiner dan $d = 5$ mm bij een plaatdikte van ca. 0,2 mm dik; $d = 7$ mm voor plaat van 0,5 mm dik; $d = 10$ mm voor plaat van 1 mm dik,
- inspringende hoeken;
- smalle sleuven.

Een voorbeeld van het snijden met rubber is het produkt van figuur 11.



Figuur 11 Beugel en afval, staalplaat 2 mm, gesneden met snijder en rubberkussen

Duidelijk is ook de vervorming aan het afval te zien. In figuur 12 zijn de sterke vervorming van het gesneden vlak en ook de afdruk van de bout waarmee de snijder op de grondplaat was bevestigd te zien. Hieruit blijkt ook dat de druk die voor het proces nodig is, hoog is. De beugel van 2 mm dik plaatstaal is gemaakt op een pers van 2500 kN.



Figuur 12 Detail van de beugel van figuur 11. Duidelijk is het grote breukvlak en de sterke vervorming. De kop van de cilinderkopbout waarmee de snijder op de grondplaat is bevestigd is te zien.

Machines

Voor de gewone plaatbewerker staan de mechanische, hydraulische persen en buigmachines ter beschikking. Daar de productie per uur laag is door het positioneren van de mallen, of het

inleggen van de plaat in de pers bij het snijden veel tijd kost, is het rubberpersen geen produktiemethode voor series. Voor grote plaatdelen zijn de afmetingen en het persvermogen van de ter beschikking staande persen meestal onvoldoende.

Voor deze plaatdelen die vooral in de vliegtuigbouw in kleine fabricageseries voorkomen, heeft men speciale grote persen met een capaciteit van 100.000 kN en meer gebouwd. Deze persen zijn dan met twee pallets of tafels uitgerust waarop afwisselend de volgende charge produkten kan worden opgelegd, terwijl de andere pallet wordt geperst. De nieuwe persen kunnen op verzoek met drukken tot 2500 bar worden uitgerust. Deze hoge drukken hebben invloed op het produkt. Ze geven een betere maatnauwkeurigheid, strakkere flenzen, minder plooivorming en besparing op de nacontrole.

De formule van Wilhelm voor het berekenen van de waarde F_{st} volgt uit de formule gegeven in een nomogram:

$$F_{st} = a \cdot (5 V)^{1,356} \text{ N/cm}$$

V = verplaatste volume
 a = coëfficiënt afhankelijk van de hardheid van het rubber.

Aan de hand van de waarnemingen en nomogrammen kan een tabel voor de stempelkracht worden opgesteld. Hierbij moet worden opgemerkt dat de toleranties op de waarden nogal groot kunnen zijn.

Bij het rubberpersen treden de hoogste krachten op en hier moet met drukken tot 25 N/mm² worden gerekend. Voor de nieuwe persen gaat men tot drukken van 100 en 250 N/mm².

plaatdikte t mm	stempelkracht F_{st} in kN					
0,8	80	80				
1		102	75			
1,5		184	102			
2			265	140		160
3				210		250
breedte strook in mm \geq	8	12	16	20	30	36
radius stempel r_{st} in mm tot	0,7 1	1 1,5	1,5 2	2 2,5	3 4	4 5

Stempelkracht voor het buigen in V-vorm van staalplaat met treksterkte van 370 N/mm², lengte buiglijn 1 m

De drukken bij het snijden zijn in een orde van grootte van 10 N/mm², doch hangen sterk af van de plaatdikte die moet worden gesneden. De totale kracht kan wel het tienvoudige zijn van de kracht die met een snijder nodig is.

Conclusie

Van de elastomeer-toepassingen vormt het rubberpersen het leeuwedeel. Hierbij zijn de niet-rechte buiglijnen van belang. Voor de rechte buiglijnen is een rubber nauwelijks interessant, indien aan het produkt geen andere eisen of vormen van belang zijn. Voor het ponsen of snijden is het rubber alleen van belang voor snelle oplossingen of bij een noodsituatie.

Drukken en krachten

Ten aanzien van de drukken en de krachten bij het werken met elastomeren zijn weinig wetenschappelijke onderzoeken gedaan. De meeste gegevens zijn praktijkrichtwaarden. Naar de berekening van de perskrachten, indien voor het buigen polyurethaan rubbers worden gebruikt, is onderzoek verricht door Wilhelm [5] en Blumel/Wabersich [8]. De eerstgenoemde onderzoeker heeft bij zijn proeven nogal grote afrondingen voor het buigmes toegepast. Blümel c.s. heeft daarentegen kleine radii gebruikt en deze komen meer overeen met de praktijk. De trend bij de vormgeving is

een kleine en strakke afronding van de op elkaar aansluitende vlakken. Uit beide onderzoeken volgt dat de benodigde perskracht per lengte-eenheid van de buiglijn een functie is van de indringdiepte f_{st} en daarmee van de verplaatste of verdrongen hoeveelheid rubber. Deze functie kan als volgt worden beschreven.

$$F_{st} = c \cdot f(f_{st})^n$$

Hierin is:

F_{st} = de stempelkracht per buiglengte

c = constante

f_{st} = indringdiepte van het stempel

n = exponent van de functie

De perskracht neemt dus exponentieel toe met de indrukdiepte en daarmee met de verplaatste hoeveelheid rubber. Voor een V-buiging van 90° kan worden afgeleid dat de driehoekige doorsnede van de indrukking evenredig is met het kwadraat van de indrukdiepte dus. f_{st}^2 . De exponent n zou dan minstens $n = 2$ moeten zijn.

Verder heeft Blümel zijn perskracht uit twee elementen opgebouwd en wel uit een krachtcomponent die voor het buigen van de plaat nodig is en een component die voortkomt uit het verdringen van een hoeveelheid rubber.

Zo komt men tot de empirische formule voor de specifieke stempelkracht:

$$F_{st} = F_B + F_K$$

F_B = specifieke buigkracht

F_K = specifieke indringkracht

bovenstaande algemene formule de indringkracht als volgt worden geschreven:

$$F_K = k \cdot f_{st}^{2,5} \text{ N/cm}$$

Uit de berekening volgt dat de constante k voor een aantal proeven [8] de waarde $k = 0,6$ had.

Literatuur:

- [1] Rubberpersen: Kliment, J.L. en H. de Kruijk, Metaalbewerking Jrg 48 (1982) nr 7 pag. 149 ev., nr. 8 pag. 177 ev.
- [2] Het buigen over niet-rechte buiglijnen met behulp van elastomeren: Kruijk, H. de, Lezing Bond voor Materialenkennis, Wageningen, 6-10-1983.
- [3] Elastomere im Werkzeugbau der Blechbearbeitung Schmitt, H., Blech Rohre Profile 30 (1983) nr. 2 pag. 49-52; nr. 3 pag. 105-110; nr 4 pag 144-146
- [4] Elastomeerbestückte Werkzeuge in der Blechbearbeitung erleichtern der Einbauvorgang. Radtke, H.; Maschinenmarkt 88 (1982) nr 88 pag 1876-1879.
- [5] Biegen von Blech mit elastischen Werkzeugen Wilhelm, H.; Ind. Anzeiger 94 (1972) nr 38 pag 875-879
- [6] Der Schneidvorgang, die Schnittwerkzeuge und das Feinschneiden Oehler, G.; Klepzig Fachberichte Mai 1968, M 129 pag 273-280
- [7] Handbuch der Stanzeretechnik Romanowski, VEB Verlag Technik Berlin
- [8] Biegen kunststoffbeschichteter und aluminierter Feinbleche mit elastischen Werkzeugen Blumel, K. en E. Wabersich; Blech Rohre Profile 10 (1972) pag 533-542

Calculatie-prijslijst 1985 SPRECHER + SCHUH

Sprecher + Schuh Nederland BV te Woerden heeft de nieuwe calculatie-prijslijst voor 1985 uitgebracht voor hun programma laagspanningsmateriaal.

De 36 pagina's tellende prijslijst geeft op een overzichtelijke wijze het uitgebreide assortiment weer. Van elk produkttype is een foto en een duidelijke omschrijving opgenomen. Tevens bevat de prijslijst van ieder in aanmerking komend produkttype een schakelschema.

Nieuwe produkten in het assortiment van Sprecher + Schuh Nederland BV zijn de magneetschakelaar met gelijkstroomspoel CA4-C, het hulprelais met

gelijkstroomspoel CS4-C, de afstandsteunen voor eenvoudige montage van isolatieplaten en kabelgoten, de elektronische motorbeveiliging met "warme start" en met "Thyristor-aanloop" CET3-03 en een serie drukknoppen en signallampen. Voor een breed scala van toepassingen introduceert Sprecher + Schuh een nieuwe serie elektronische en elektrische universele tijdrelais KOG. Uitgaande van een basiselement zijn drie variabelen te kiezen: tijd, functie en spelspanning. De bestaande serie vrij programmeerbare besturingen (PLC's) step 300 heeft een belangrijke uitbreiding gekregen. Naast relais-uitgangen zijn nu transistor- en triac-uitgangen beschikbaar, voorzien van een optokoppler als galvanische scheiding. Ook voor toepassingen met 24 V DC-voeding zijn modellen opgenomen. Bovendien is een tweetal aantrekkelijk geprijsde programmeerapparaten aan het programma toegevoegd.

Verder zijn in de calculatieprijslijst de reeds bestaande laagspanningsmaterialen opgenomen, zoals de magneetschakelaars CA1, CA3 en CA4, het elektromechanische tijdrelais KOF, het thermische relais CT1 en de nokken-, omkeer- en ster-driehoekschakelaars 7300, CAU en CAY.

De nieuwe prijslijst vermeldt weer de prijs van zowel het complete produkt als van gangbare combinaties en onderdelen. De prijslijst vormt daarmee een belangrijk hulpmiddel voor constructeurs, calculatoren, installateurs, adviseurs, dealers en eindgebruikers, onder meer bij het opstellen van offertes.

De calculatieprijslijst 1985 kan worden aangevraagd bij:

Sprecher + Schuh Nederland BV
de heer J. Koops
Rietdekkersweg 6
3449 JC Woerden
Telefoon: 03480-18241