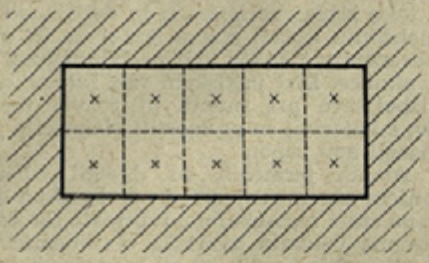


Sl. 5.

Razmeroma preprosto je jemanje preizkuska, če ima plinovod okrogel prerez. Večkrat pa imamo opravka s pravokotnim profilom dimovodnega kanala ali pa je dimovodni kanal speljan tako, da ni dvoma, da se hitrost pretakanja po prerezu menjava. V tem primeru ravnamo tako, da razdelimo ves pretočni prerez na večje število manjših površin čimbolj kvadrataste oblike. Nato jemljemo preizkuske v središčih vsake delne površine ter na kraju seštejemo rezultat za prerez v celoti. Če imamo n. pr. dimovod, kakršnega kaže slika 5, bomo jemali preizkuske desetkrat, in sicer povsod na mestih, označenih s križcem. Tako bomo dobili rezultat, ki bo najbolj ustrezal stvarnosti.

Sicer pa so tudi že znane priprave za merjenje količine vesečega prahu, pri katerih vtikamo sondo kar v dimovod. V sondi sami so vgrajene cevke za določanje dinamičnega tlaka in pretlaka. Razen tega je v njej tudi že prašna vreča in zato ni treba ogrevati celotne aparature.

Tudi pri nas se v nekaterih krajih že kaže potreba po ugotavljanju dopustnih meja za onečiščevanje atmosfere. V Sloveniji je treba omeniti predvsem celjski industrijski bazen (cinkarna), talilnico svinca v Žerjavu in Jesenice. Predvsem pa moramo gledati za prihodnost. Začeti moramo že sedaj ugotavljati, kaj vse in koliko najrazličnejših nečistoč odvajamo v atmosfero. Za sedaj imamo glede tega še lahko delo. Le tu pa tam bo treba popravljati že zamujeno. Nikakor pa nas ne sme prehiteti čas. Če bomo poskrbeli, da bo dobila naša industrija dovolj goriva v obliki plina, ki razen tega ne bi imel žvepla, namesto čvrstih goriv, bomo zaradi onečiščenja atmosfere z vesečim prahom precej brez skrbi. Te možnosti pri nas imamo; omenimo samo možnost vplinjevanja velenjskega lignita ter zemeljski plin iz Lendave in sosednje republike Hrvatske. Mnogo nam lahko pomaga tudi električna moč. Pomislimo samo na možnost elektrifikacije železnic. V Angliji računajo, da so železnice pri onečiščevanju atmosfere udeležene s 15 odstotki! Ne glede na to je učinek izkoriščanja premoga v parnih lokomotivah približno trikrat manjši kakor pri uporabi premoga v kaloričnih centralah in z dovajanjem toka električnim lokomotivam. Parne lokomotive uporabljajo razen tega lahko samo kosovec, ki ga ni veliko, kalorična centrala pri premogovnikih pa lahko vozi in mora voziti samo s prahom in manjvrednim odpadnim premogom!

Viri:

Poročilo Fachausschuss für die Staubtechnik VDI iz leta 1950.
Poročilo Wärmestelle Düsseldorf 1954.
Fuel Efficiency 1954/55.
Energie 1955.

Avtor: ing. Boris Exel, Ljubljana, Aškerčeva 42.

DK 621.852

O sodobnih jermenskih pogonih

VIKTOR SAVNIK

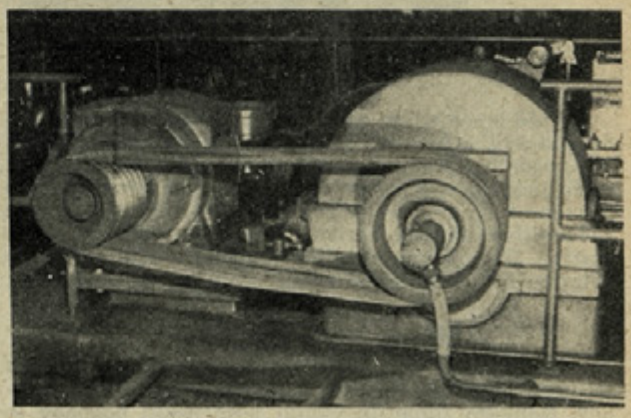
Z razvojem električne industrije, ki je z množinsko proizvodnjo postavila na trg cenene elektromotorje, je spričo velikih prednosti, ki jih ima posamezni pogon z elektromotorjem, pogon z jermeni izgubil »vidno« vodilno vlogo. Tudi v naših podjetjih so postali že redkost dolgi transmisijski pogoni s celim gozdom gonilnih jermenov.

Preureditev na pogon, ki je terjal majhno osno razdaljo med gonilno in gnano jermenico, da bi zavzemal čimmanjši prostor, so rešili na več načinov: drsenje jermena so preprečili z uporabo napenjalne jermenice in dosegli tudi pri kratki osni razdalji zadosten objemni kot na gonilni jermenici. Temeljitejša rešitev je bila z vstavitvijo zobniškega ali tornega prenosa. Večina pa se je odločila za pogon s klinastimi jermeni, ki ga je imela za najsodobnejši jermenski pogon, saj se je v zadnjem desetletju na široko razmahnil v svetu.

Da je uporaba klinastih jermenov v razmeroma hitrem času dosegla tako stopnjo, je pripisati temu, da je povrh velike propagande, ki jo je izvedla zlasti ameriška industrija gumija o prednostih klinastih jermenov, znala upoštevati tudi nove pogoje, ki so jih morali izpolnjevati jermeni pri kratkih osnih razdaljah. Z izdelavo podrobnega izračuna za dimenzioniranje pogona, v katerem upošteva sunkovite obremenitve in upogibe, ki se pojavljajo pri posameznih pogonih v znatno večji meri kakor pri skupinskem pogonu, je skušala jermene zavarovati proti do tedaj še ne upoštevanim preobremenitvam in si za take primere pridržati nekaj skrite rezerve. Pogoni s 5 do 15 klinastimi jermeni niso redki, obratujejo pa celo pogoni s 30 jermeni.

V prospektu slovite tvrdke je rečeno o uporabnosti klinastih jermenov: z namestitvijo več vzporedno tekočih klinastih jermenov je hkrati zagotovljena večja zanesljivost obratovanja. Če je en jermen defekten, je s tem izločen le del sredstva za prenos sile, medtem ko ostali jermeni začasno lahko nadaljujejo s prenosom sile. Res je — in zakaj?

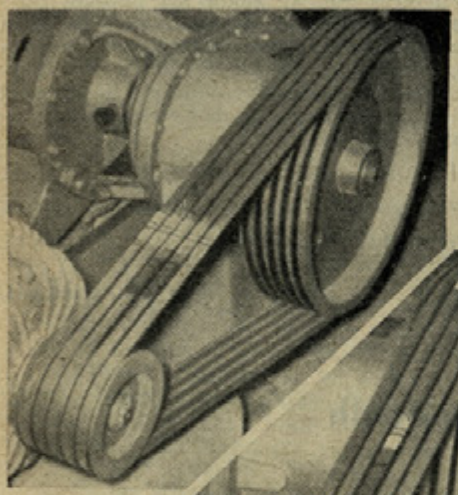
Slika 1 kaže posnetek pogona 500 t stiskalnice za karoserije v tovarni avtomobilov Volkswagen (osvetlitev posnetka 1/5000 s). Od motorja, ki ima 70 KS, prenaša 6 klinastih jermenov s hitrostjo 16 m/s obodno



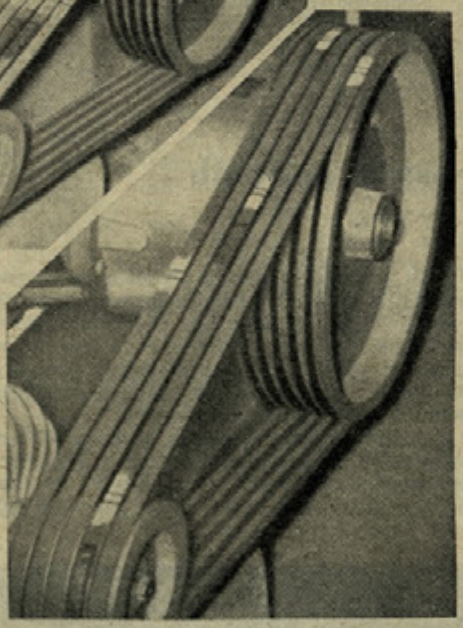
Sl. 1.

silo $F = 328$ kp. Tako v vlečnem kakor v odtekajočem pasu je vidno valovanje nekaterih jermenov. Sunkovita obremenitev potegne nekaj jermenov globlje v utore, ki vlečejo nato z veliko preobremenitvijo — ostali pa se izmikajo. Zaradi neenakomerne obremenitve se tudi jermeni različno raztegujejo, tako da lahko po določeni dobi obratovanja tudi pri mirujočih opažamo različne povese posameznih jermenov. V tej tovarni je bilo v teku zadnjih dveh let 30 takih pogonov predelanih na pogon z jermenom Extremultus, o katerem bo beseda pozneje.

Enostaven preizkus, kako neenakomerna sta vlek in drsenje več klinastih jermenov in s tem v zvezi tudi izkoristek prenosa, ki ga je prikazal ing. A. Schütz, lahko izvedemo tudi sami. S kredo potegnemo pravokotno na smer vrtenja preko vseh klinastih jermenov eno ali dve močni vzporedni črti (sl. 2). Če spustimo nato motor in ga po kaki minuti obratovanja zopet ustavimo, vidimo, da te črte ne leže več skupaj, temveč so razdeljene po celotnem obodu pogona (sl. 3).



Sl. 2.



Sl. 3.

V že omenjenem prospektu je zato tvrdka, ki hoče obdržati svoj sloves, dodala naslednjo pripombo: pri pogonih z večjim številom klinastih jermenov je treba pri izločitvi posameznih jermenov zamenjati vse jermene z novimi, ker stari in novi jermeni ne tečejo zadovoljivo skupaj zaradi različnega raztezanja in dolžine. Stare, še uporabljive jermene v ostalem lahko zbiramo in uporabljamo zase.

Pogon s ploščatimi jermeni

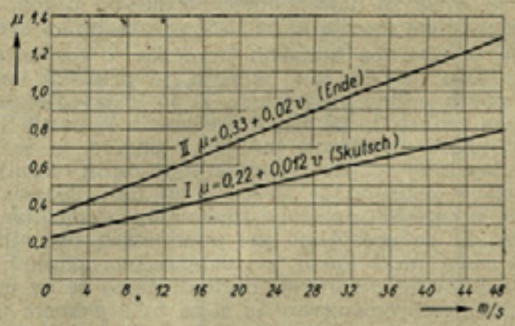
Razumljivo je, da je rastočo potrošnjo klinastih jermenov najbolj občutila industrija ploščatih jermenov. Namesto zunanjih vidnih jermenskih pogonov je postal jermen del stroja, saj je bil prenesen tik k stroju s predpisanim prekritjem ali pa celo v notranjost stroja samega. Kratka osna razdalja pa je povzročila nove zahteve, tako glede vzdržljivosti in odpornosti jermena proti zmehčanju zaradi stalne upogibne in utripajoče vlečne obremenitve kakor tudi neobčutljivosti nasproti vplivom okolice. Pod pritiskom teh zahtev so dosegli znatne izboljšave pri znanih in razvili nove vrste jermenov, s katerimi so premostili stagnacijo prejšnjih let in dosegli nov vzpon.

Pri znanih jermenih so dosegli izboljšave z upoštevanjem obremenljivosti in življenjske dobe jermena, ki pa sta v medsebojni odvisnosti. Na življenjsko dobo jermena vplivata nihajoča obremenitev, ki nastaja zaradi različne velikosti sil v vlečnem in odtekajočem pasu, ter obremenitev, ki jo povzroča sprememba oblike pri teku čez jermenici. Po določenem številu upogibov jermen odpove zaradi notranjega zmehčanja. Obremenljivost jermena pa ni odvisna samo od trdnosti, temveč predvsem od njegove vlečne zmogljivosti ali vlečne stopnje, ki je razmerje med koristno silo F, kakršno jermen lahko prenaša, in osno obremenitvijo R, ki jo povzročata sili v obeh pasovih, t. j. vnaprejšnjo napetostjo jermena.

Vlečna stopnja je razen od vnaprejšnje napetosti odvisna še od izvedbe jermenice, od upogibne mere, t. j. razmerja debeline jermena nasproti premeru male jermenice in od objemnega kota slednje. Tudi sprememba hitrosti vpliva na velikost vlečne stopnje, le da se pojavljajo ugodne vlečne stopnje pri posameznih vrstah jermenov pri različnih hitrostih. Za različne jermene je tako vlečna stopnja pri popolnoma enakih izmerah in pogonskih razmerah zelo različna in leži med 0,2 in 0,9.

Znano je, da ima surova tkanina slabo vlečno sposobnost, s primernim impregniranjem ali gumiranjem pa lahko dosegamo znatno izboljšanje (do 0,6). Razen lanenega olja, bitumena in drugih sredstev služijo za impregniranje zdaj še latex in umetne snovi (znan je Igelit). S pravilno izvedenim impregniranjem povečamo tudi obremenljivost jermena, medtem ko se pri nepravilnem postopku obremenljivost lahko celo zmanjša.

Usnjeni jermen ima ugodno vlečno stopnjo, ki jo s pravilno nego pri obratovanju še zvečamo, dosega pa šele po določenem času obratovanja največjo vrednost. Moramo upoštevati, kar so že pred več kakor 20 leti ugotovili in izkoristili v Ameriki, da vleče usnjeni jermen na gladki zgoščeni strani, kjer je bila dlaka, znatno bolje kakor na hrapavi, t. j. mesni strani. Tako znaša vlečna stopnja usnjenega jermena, ki teče po mesni strani od 0,35 do največ 0,5, medtem ko je pri jermenu, ki teče z gladko stranjo po gladko ostruženi in polirani jermenici, od 0,75 do 0,9. V Evropi je trajalo dolgo, preden so se odločili v korist pogona z gladko stranjo jermena in šele priročnik Hütte IIa, 28. izdaja, priobčuje izračun jermena tudi z upoštevanjem tornega koeficienta na gladki strani usnjenega jermena. V diagramu (sl. 4) je prikazano, kako raste koeficient trenja v obeh primerih s hitrostjo in z njo

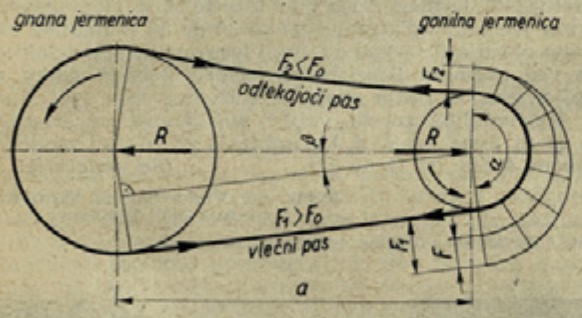


Sl. 4. *Torni koeficient μ pri usnjenem jermenu pri teku po mesni (I) oz. gladki (II) strani v odvisnosti od hitrosti jermena (po Skutschu in Endeju).*

tudi razlika, ki znaša do 60 % v korist gladke strani jermena. Tudi pri nas se ta okoliščina, ki je sicer večini naših strokovnjakov v praksi znana, premalo upošteva in je zato stopnja izkoristka pri pogonih, kjer teče jermen na mesni strani, občutno slabša. Tudi nega jermena v mnogih primerih ni pravilna. Še vedno so v rabi kolofonija in podobna »adhezivna« sredstva, ki učinkujejo lepljivo le kratek čas, pri tem pa napravljajo jermen trd, da začne kmalu pokati. Prav pa je, če jermen, ki začenja drseti, natiramo po notranji strani s toplim lojem ali ribjim oljem, da ga med obratovanjem vpija, se s tem odebeli in skrajša. Ker daje ta maščoba jermenu lepljivost in trajnost, mažemo usnjene jermene redno vsaj dvakrat mesečno, da ostanejo gibki in vzdrže dalj časa.

Gibkost jermena je namreč važen činitelj za njegovo življenjsko dobo vprav pri sodobnih pogonih s kratkimi osnimi razdaljami, kjer je dolžina jermena razmeroma majhna. Čim krajši pa je jermen in čim večja je njegova hitrost, tem večkrat se morajo delci jermena upogibati in zopet izravnavati. Čim gibkejši je jermen, tem manjša sta odpor in segrevanje jermena zaradi notranjega trenja, tem več upogibov prenaša. Zato upoštevamo pri sodobnem izračunu jermena tudi število upogibov in imamo za usnjeni jermen 3 do 5 upogibov na sekundo še kot ugodno za normalno življenjsko dobo, 6 do 8 upogibov na sekundo pa je že mnogo. Pri izredno gibkih jermenih dopuščamo še znatno višja števila upogibov na sekundo. Tkani pasovi so zelo gibki. Dopustno število upogibov je odvisno od števila tekstilnih plasti, ki sestavljajo jermen. Za gumi in jermen balata je pri treh tekstilnih plasteh 8 do 9 upogibov še dopustnih, pri večjem številu plasti pa samo 6 do 7 upogibov na sekundo.

Znano je, da mora biti jermen na jermenicah vnaprej napet z določeno silo F_0, da dobimo potrebno trenje, tako da jermen ne drsi, temveč vleče jermenico s seboj. Ta sila določa tudi obremenitev gredi in ležajev tako pri mirujočem jermenu kakor tudi pri obratovanju (sl. 5). Pri jermenskih pogonih, kjer je osna

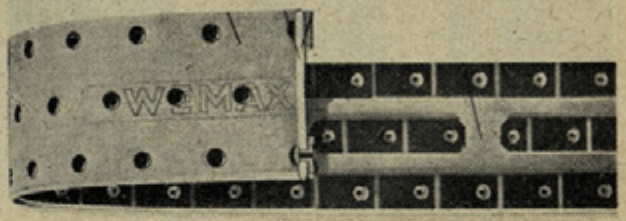


Sl. 5. *Odprti jermenski pogon*

F_0 = sila v jermenu pri mirovanju, F_1 = sila v vlečnem pasu, F_2 = sila v odtekajočem pasu.
Obodna sila na jermenici: $F = F_1 - F_2$
Osna sila: $R = (F_1 + F_2) \cos\beta$
Razmerje sil: $m = F_1/F_2 = e^{\mu\alpha}$
Vlečna stopnja: $\rho = F/R \approx F/2F_0$
μ = torni koeficient, α = objemni kot male jermenice.

razdalja zelo velika in je zato v rabi razmeroma dolg jermen, povzroča že lastna teža jermena zadostno stalno vnaprejšnjo napetost in s tem dober prenos sile. Pri sodobnih kratkih pogonih pa je vzdrževanje potrebne vnaprejšnje napetosti v jermenu posebno važno.

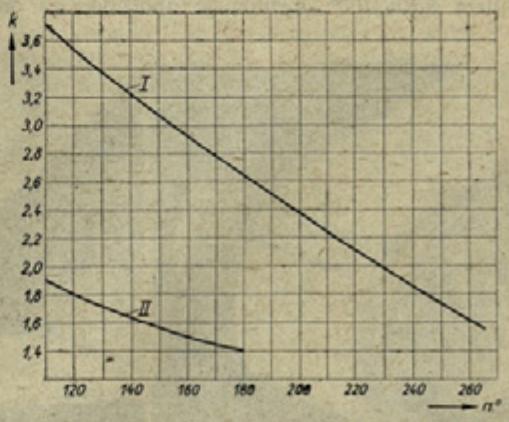
Ker je koristna sila F, ki jo jermen prenaša, enaka razliki sil v obeh pasovih, sta po Eytelweinovi enačbi tako storilnost jermena kakor obremenitev ležajev odvisni od tornega koeficienta in objemnega kota male jermenice. Čim večji je torni koeficient, tem manjši je lahko objemni kot. Pri kratki osni razdalji in večji prestavi sta objemni kot in z njim tudi dotikalna površina jermena z malo jermenico razmeroma majhna. Povečanje objemnega kota dosegamo lahko z uporabo napenjalne jermenice, vendar je ta rešitev neugodna, ker skrajšuje življenjsko dobo tudi kvalitetno dobrih in gibkih jermenov. Res je, da napenjalna jermenica z utežjo hkrati daje enakomerno vnaprejšnjo napetost v jermenu, ker izravnava raztezek jermena, vendar z dodatnim upogibom na drugo stran povečuje število upogibov jermena za eno tretjino in s tem zlasti pri hitro tekočih jermenih tako kvarno vpliva na njihovo življenjsko dobo, da jo nekateri imenujejo — uničevalca jermenov.



Sl. 6. *Jermen Wemax*

Da ne bi s povečanjem vnaprejšnje napetosti v jermenu preobremenjevali jermena, gredi in ležajev, so iskali rešitev v povečanju tornega koeficienta. Na tej osnovi so razvili nove vrste jermenov in pri tem uporabili sestavljen prerez jermena po načelu delitve dela. Jermen je sestavljen iz vlečnega elementa, ki ima ugodne trdnostne in raztezne lastnosti, ter tornega elementa, ki trdnostno za prvim zaostaja, zato pa z velikim tornim koeficientom lahko prevzema torno delo tudi na manjši dotikalni površini.

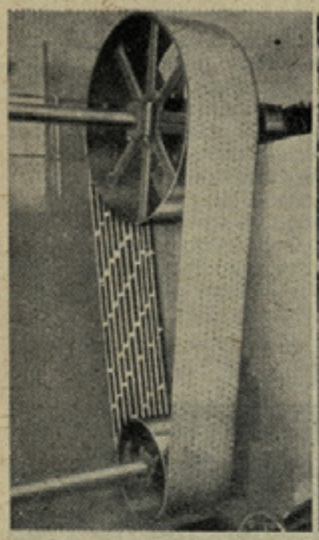
Izmed številnih izvedb novih jermenov bi najprej omenil gonilni jermen Wemax (sl. 6), pri katerem služi za vlečni organ iz preje mako tkani jermen, ki prevzema natezne in upogibne obremenitve. Jermen sam ima trdnost 600 kp/cm² in je zelo elastičen ter neobčutljiv za vlago, temperaturo in paro. Za torni organ služijo pri jermenu Wemax ozki pasovi iz kromovega usnja, ki so prikovičeni na tkani jermen z votlimi kovicami. Na prvi pogled se zdi neverjetno, da lahko prenaša jermen Wemax pri zmanjšani površini naleganja več kakor normalen jermen, ki nalega po vsej



Sl. 7.

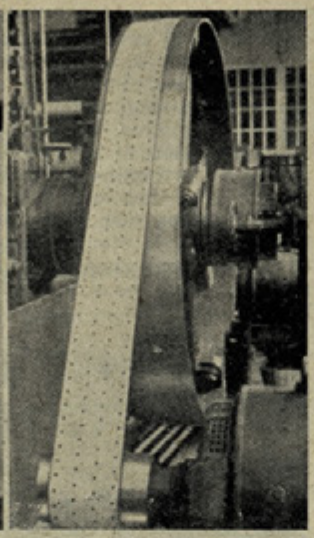
I — Odprti pogon z napeljalno jermenico
II — Pogon Wemax

Osna sila: $R = k \cdot F$
F = obodna sila
α_0 = objemni kot male jermenice.



Sl. 8.

Pokončni pogon s kratko osno razdaljo za prenos moči 320 KS

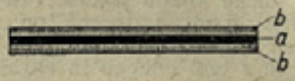


Sl. 9.

Pogon kalandra. Prestava 1:9, $\alpha = 114°$ (115 KS)

širini. Praksa pa je docela potrdila spoznanje, da z določenimi pogoji znatno narašča torni koeficient med jermenom in gladko jermenico, če se specifični pritisk poveča. Ta pa je tem večji, čim manjša je dotikalna površina, kar je doseženo vprav z ozkimi pasovi Wemax. Poglavitni vzrok, da se material utruja, je razen števila upogibov tudi drgnjenje in ogretje jermena zaradi drsenja. Pri jermenu Wemax vlečni organ ne prihaja v dotik z jermenico in se zato tudi ne ogreva. Ker je drsenje praktično izločeno in se ne pojavlja niti tam, kjer so veliki zagonski momenti ali obremenitev znatno sunkovito niha, dopušča jermen Wemax manjše vnaprejšnje napetosti in s tem znatno manjše ležajne pritiske. V diagramu (sl. 7), ki je bil izdelan po številnih poizkusih, je prikazana odvisnost faktorja k od objemnega kota pri odprtem pogonu z napenjalno jermenico in pogonu Wemax. Pogon Wemax ne pozna napenjalne jermenice, pri tem pa je širina jermena in jermenice lahko do polovice ožja kakor pri normalnem jermenu. Pravilno dimenzioniranega in nameščenega jermena Wemax ni treba napenjati niti po večletnem obratovanju. Veliki torni koeficient dopušča prestavna razmerja do 1 : 14 pri najmanjšem objemnem kotu 105°. Jermen je uporaben za odprti ali skrižani pogon, pa tudi za stožčaste jermenice. Spoj jermena izvajamo s sponami (sl. 8 in 9).

Lani je na velesejmu v Birminghamu vzbujal veliko pozornost pogon zamašnjaka z ozkim jermenom Miračlo, ki je podoben že prej omenjenemu jermenu Extremultus, čigar prerez je prikazan na sliki 10. Za vlečni organ mu služi srednji roženasti sloj iz superpolyamida (tudi nylon in perlon sta polyamida), ki



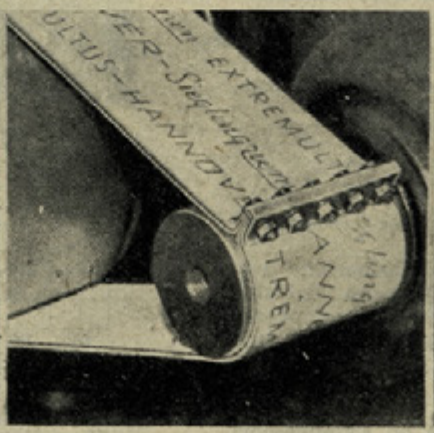
Sl. 10.

ima zrušilno trdnost nad 2000 kp/cm² in veliko elastičnost. Veliko zrušilno trdnost je možno izkoriščati zato, ker je raztezek polyamidov zelo ugoden. Zanimivo pa je, da je sloj v prečni smeri zelo občutljiv ter mu večja vzbočenost jermenice lahko škoduje. V jermenu Extremultus znaša debelina sloja od 0,5 do 4 mm, odvisno od števila in debeline plasti, ki so zlepljene skupaj. Ta sloj umetne mase je na obeh straneh prekrit in trdno zlepljen s tankima plastema iz cepljenega kromovega usnja z debelino do 2 mm. Za pogon posebno občutljivih orodnih strojev in specialnih strojev z majhnimi jermenicami in veliko hitrostjo so jermeni izdelani iz plasti kromovega usnja kot tornega elementa, ene do dveh vlečnih plasti iz superpolyamida, ki je povrh zavarovan s plastjo iz tkanine. Jermene izdelujejo v širinah od 10 do 750 mm, prenašajo lahko do 750 kW pri majhni osni razdalji in hitrosti do 50 m/s. Upoštevanja vredna je tudi visoka dopustna upogibna frekvenca do 30 upogibov na sekundo. Veliki torni koeficient jermenici se prilegajoče plasti in velika elastičnost vlečnega elementa omogočata prevzem sunkovitih obremenitev brez drsenja, prestave do 1 : 20 brez napenjalne jermenice, pri tem pa povzroča ta jermen tudi pri kratkih osnih razdaljah in majhnem objemnem kotu le majhne ležajne pritiske, saj znaša faktor k v odvisnosti od premera uporabljene male jermenice in objemnega kota le 1,3 do 2,8. Za določitev širine in ustrezne debeline jermena je izdelala tvrdka E. Siegling Hannover[1], ki izdeluje te jermene, posebne tablice, ker je potrebna širina jermenov Extremultus za 30 do 50 % manjša od širine običajnih jermenov. Spoj jermena izvajamo lahko na več načinov. Brezkončni jermen dobimo lahko z lepljenjem; ta način spoja je tudi največ v rabi, ker se Extremultus zaradi velike elastičnosti ne steguje in ga ni treba krajšati. Uporabljajo pa se tudi različne vijačne spone (sl. 11 do 13). *(Se nadaljuje)*

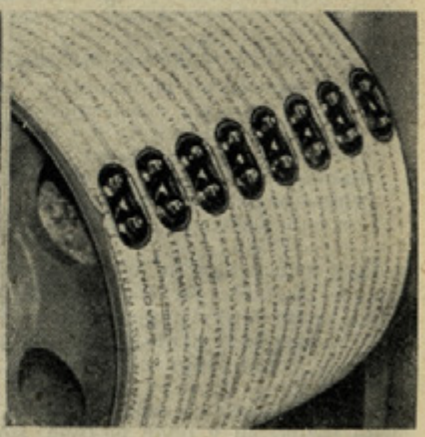
Avtor: ing. Viktor Savnik, Tehniška srednja šola, Ljubljana

[1] Zastopnik: Commerce, Ljubljana.

Sl. 11.
(Širina jermena do 60 mm, premer jermenic nad 60 mm)



Sl. 12.
(Širina jermena do 300 mm, premer jermenic nad 40 mm)



Sl. 13.
(Širina jermena do 500 mm, premer jermenic nad 600 mm)