



PATENTNI SPIS BR. 1318.

Dr. ing. Viktor Kaplan, prof. nem. tehnike, Brno.

Sapnik za pretvaranje brzine u pritisak kod kapljivitih parnih i gasnih tekućina.

Prijava od 30. marta 1921.

Važi od 1. decembra 1922.

Pravo prvenstva od 10. avgusta 1914. (Austrija).

Izum se tiče jedne naročite izrade sapnika, kako se upotrebljavaju kao sisne i pritisne cevi od vodenih turbina, centrifugalnih sisaljki, pri puhanju vodenog ili parnog mlaza i slično, za pretvaranje brzinske energije strujećih tečnosti u pritisnu energiju.

Sapnici, koji su se do sada upotrebljavali za ovu svrhu, izradjeni su kao konične cevi, koje se u smeru strujanja postepeno raširuju. Srednja linija sapnikovog mlaza je pri tome ravna linija, radi čega se, kroz sapnika struajući mlaz koji teče ne odvrća bitno iz svojeg prvobitnog strujećeg smera. Sa pokušajima se našlo, da nagibni ugao generatrise jednog stožnog sapnika ne sme biti velik, pošto se inače tekućina odluči od cevni zidova, usled čega je pretvaranje energije nepotpuno. Ako se dakle ina pretvoriti velika množina energije, onda mora do sada upotrebljavani sapnik imati veliku gradjevnu dužinu. Velika gradjevna dužina prouzrokuje gubitke usled trenja tekućine na cevni zidovima. Stoga je pretvaranje energije kod dosada upotrebljavanih sapnika i kod velike gradjevne dužine spojena sa znatnim gubicima. Sapnici velike gradjevne dužine otežavaju i poskupljuju takodje ugradnju i prave je često posvema nemogućom, kako će se to kasnije kod sisnih cevi turbina tačno pokazati.

Izum ima svrhu, da izbegava opisane uštrbe i smanjuje nastajajuće gubitke pri

pretvaranju energije. To usleduje smeštenjem jednog otklanjajućeg zida, koji istovremeno sačinjava jedan deo kljetnog zida sapnika. Sa ovim otklonim zidom otklanja se tekućinski mlaz ovog izlaznog smera i primoran je, da se rasprostire paralelno prema otklonom zidu. Ova okolnost dozvoljava, da se sapnikov izlazni prerez raširi mnogo preko dosada moguće mere, a da ne bi bila moguća opasnost odvajanja tekućinskog mlaza od sapnikovih zidova. Znatno povećanje izlaznog preseza prema ulaznom prerezu sapnika smanjuje izlaznu brzinu iz njega prema ulaznoj brzini u velikoj meri, sa čime usleduje spomenuto veliko pretvaranje energije.

Fig. 1 nacrt pokazuje, iz smera X dolazeći tekućinski mlaz u pogledu odozgo, fig. 2 pomoću otklonog zida DG (fig. 1) rašireni mlaz i osnovi. Fig. 3 i 4 predočuju savijenu sisnu cev, kako je kod vodenih turbina u betonskom izvodu u običajeno i to prikazuje fig. 3 kroz ravninu H—I u fig. 4 prerezanog betonskog savijača u pogledu odozgo i fig. 4 u osnovu. Fig. 5 pokazuje okomiti prerez po ravnini H—O u fig. 6 jednog po izumu izradjenog sapnika, fig. 6 osnova jednog takvog sapnika, a fig. 7 i 8 pokazuju neke oblike izlaznog preseza sapnika. Fig. 9 do 11 pokazuju primer jednog oblika izrade jednog sapnika, koji pri vrlo maloj dužini od otklonog zida (1 u fig. 9) dozvoljava ve-

liko prenašanje energije. Fig. 9 je nacrt, fig. 10 osnova i a fig. 11 prikazuje izlazni prerez sapnika. Fig. 12 do 17 prikazuju nekoliko primera upotrebe sapnikovog oblika po izumu kod centrifugalnih sisaljki. Fig. 12 i 13 pokazuju nacrt i tlocrt jednog provodnog uređaja, pri čem su provodne lopate S prerezane po ravni $z - z$ u fig. 12. Fig. 14 pokazuje nacrt jednog kretnog kola sa radialnim pridolaskom. Fig. 15 prikazuje kretno kolo u tlocrtu prerezano kroz ravninu $z^1 - z^1$ u fig. 14. Fig. 16 pokazuje rez jednog aksialnog kretnog kola u nacrtu i fig. 17 kroz rez cilindrične površine $z^2 - z^2$ u fig. 16 sa lopatinom površinom S dobivenih u ravni s razastrijetih lopatinih profila.

U sledećem razume se pod tekućinom ne samo svako kapljivo, parovito ili plinovito telo, nego takodje svaka mešavina iz ovih tela.

Po izumu iskorišćava se, kod kretanja jednog tela nastalo centrifugalno delovanje za raširenje mlaza, kako će se to sa fig. 1 i 2 bliže opisati. U fig. 1 su sa CD i DG prikazana dva zida, koja stoje okomito na ravni crteža a priklonjeni su jedan prema drugome pod uglom 3. Mesto D gde se sudaraju oba zida zaobljeno je jednom krivinom d polumera r. Struji li tečni mlaz od širine b (fig. 2) uzduž zida CD, dakle u pravcu X, onda se iz toga pravca otklanja pomoću zidane DG i primorava da teče dalje u pravcu Y. Pošto kod svakog kretanja jednog tela na krivnoj stazi nastaju centrifugalne sile, koje stoje okomite na kružnici zakrivljenosti, to mora u okolini zakrivljenosti uslediti veliko povišenje pritiska u tekućini. Ovo povišenje pritiska prouzrokuje znatno raširenje mlaza paralelno prema otklonom zidu DG, tako da mlaz, koji teče sa malom širinom b prema otklonom zidu, otiče od ovog zida sa velikom širinom b^1 , kako se to razvidi iz tlocrtne figure 2. U ovome smislu učinjeni pokušaji pokazali su, da je kut b. (fig. 2), koji određuje raširenje mlaza tim veći, čim je manji polumer zakrivljenosti zaobljenja kod D i čim se više nagibni kut 3 (fig. 1) približava pravom kutu. Isto se tako dobiva sa pokušajem rezultat, suglasno sa dvodimenzionalnom teorijom strujenja, da površina $m n^1$ (fig. 1) jednog, pomoću takvog zida DG otklonjenog, tekućinskog mlaza čini jednu blago zakrivljenu krivulju čije je polumer zakrivljenosti veći nego onaj zaobljenja kod D. S toga je samo po sebi razumljivo, da se zid jedne zakrivljene cevi mora priljubiti jednom takvom prirodnom strujenju, što

se, kod dosada upotrebljenih zakrivljenih cevi nije događalo, kako će se to kasnije na običajnim turbinskim sisnim cevima još tačnije pokazati. Ako je tekućinski mlaz obuhvaćen od prevodnog zida CD, od otklone površine DG i nasuprot ovoj površini ležećeg zida $m n$ (fig. 1) s jedne strane, a od oba postrana zida $s t$ i $u w$ (fig. 2) s druge strane i to tako, da se raširenje mlaza može izvršiti poglavito paralelno prema otklonom zidu DG i samo u maloj meri ili nikako paralelno prema oba postranska zida, onda će strujeća tekućina, pri maloj dužini l otklonog zida, činiti jednu slobodnu površinu, ako izlazni prerez sapnika uvire u slobodni vazduh, kako je to u fig. 1 sa $m n^1$ naznačeno. Pusti li se, da izlazni prerez sapnika uvire pod vodom, to će tekućina ispuniti takodjer, sa $m n$ i n^1 naznačeni vazdušni prostor, pošto se u jednom takovom slučaju istisne u prostoru nalazeći se vazduh sa strujećom tekućinom. U sapniku se stvara jedno novo stanje strujenja, koje je obilježeno sa ispunom celokupnih prereza sa tekućinom. U prostoru $m n n^1$ nalazeća se tekućina bude poneta usled njezinih tangencijalnih sila u blizini otklonog zida, strujećim tekućinskim slojevima, dok sa rastećom dužinom i širinom sapnika takodjer rasteća doticajima površina $m n^1$ (fig. 1) izmedju spomenutih tekućinskih delova ne proizvede jedno takvo izjednačenje brzina okomito prema otklanjajućem zidu, da u sapnikovom izlaznom prerezu usleduje sa praktično dovoljnom tačnosti konstantna izlazna brzina tekućine. Onda predstavlja crta XY (fig. 1 i 2) od prilike srednju strujnu crtu sapnika.

Ako je bio kod poznatih oblika sapnika dopustljiv samo jedan rašiti kut od jedva 10° , onda, tako se može po izumu pomoću postavljenog otklonog zida u njemu meriti raširujući kut za mnogostruko povećati, bez opasnosti, da bi usledilo odlučanje tekućinskog mlaza od postraničnih medjašnih zidova sapnika. Ovakovo odlučanje ne može već stoga razloga uslediti, pošto se željeno raširenje mlaza i bez postavljanja postranih zidova prisiljava, dakle samo sa postavljanjem otklonog zida, dočim se kod dosada upotrebljavanih oblika sapnika bez postavljanja postranskih zidova uopšte ne može postići povećanje mlaznog prereza.

Sa postavljanjem otklonog zida postignuto raširenje sapnikovog izlaznog prereza znači jedno znatno povećanje ovoga prereza prema sapnikovom prerezu, dakle znatno snižene izlazni brzine iz sapnika i s time delatno pretvaranje brzine i pritiska.

Pošto se po izumu prisilno izvadja raširenje, to mora pomoću otklonog zida postignuta promena smera uzduž ovoga zida strujećih tekućinskih slojeva, tim naglije ulediti, čim je veći željeni mlazni raširni kut (b fig. 2) Po ovome je svrshodno, kod velikih mlaznih raširnih kutova izabrati jedan mali polimer zakrivljenosti r (fig. 1), da se s tim poveća pomoću centrifugalnih sila postignuto povećanje pritiska u okolini D. Ništa takodjer ne sprečava, da se zaobljenje kod D nadomesti sa jednim uglom. Doduše većinom vlada mišljenje, da takav ugao daje povoda sudarnim gubicima, ovakvo jedno mišljenje nije za održavanje, ne samo s obzirom na novije gledište pomoću dvodimensionalne struje teorije, nego i s obzirom na novije pokušaje, koji uzajamno delovanje mlaznih linija uvažuju, sledi, da u takvom kutu nalazi se najmanja brzina i najveći pritisci. S toga se pomoću takvih malenih brzina, koje u geometričnom kutu postignu čak šta više vrednost nule, ne može izazvati nikakov znatni otpor. Nasuprot tome je blago zakrivljenje otklonog zida nasuprot ležećeg, zida $m n$ (fig. 1) od velike važnosti za smanjenje strujnih otpora. Pošto u okolini D vlada najveći pritisak i najmanja brzina to mora obratno nalaziti se kod E najmanji pritisak i najveća brzina. Po ovome postoji u blizine tačke E opasnost odlučanja vazduha. Ovakve smetne strujnog toka, koje delatni stepen energiskog pretvaranja vrlo štete, događaju se često kod dosada upotrebljivanih cevni lakata, a daju se po izumu na dopustljivu meru ili posvema smanjiti s tim, da taj zid $m n$ pod nikakvim uvetima nije oštrije zakrivljen, nego li otkloni zid, kako to potpuno odgovara prirodnom strujnom toku, daklem bez upliva strujnog prisustva kroz zid $m n$ (fig. 1). Ovakva mera smanjuje brzinu u okolini t strujećih tekućinskih slojeva i prouzrokuje željeno povišenje. Po tome je kod jednog sapnika po ovome izumu ispunjen takodjer uslov, po kome je najmanji, na otklonom zidu mereni polimer zakrivljenja r (fig. 1) jednak ili manji nego najmanji polimer zakrivljenja R , koji se nalazi na zidu, koji leži nasuprot otklonog zida. Pri tome je pretpostavljeno, da se polimeri zakrivljenosti mere u onoj, na otklonom zidu okomito stojećoj ravni ili približno ravnoj površini, koja se može položiti kroz strujnu liniju sapnika. Po ovome mora strujna linija biti najmanje približno jedna ravno zakrivljena krivulja.

Osim poznatih sapnikovitih oblika sa

ravnom srednjom linijom upotrebljavaju se u zgradi vodenih turbina kod vertikalnih turbina i pri malom padu takodjer lako sisne cevi, od čega se u fig. 3 i 4 pokazuje jedan primer izrade. Ovakvi laktovi sisnih cevi izradjuju se odično iz betona i poseduju jedan sukcesivni prelaz od kružnog ulaznog prereza u pravokutni izlazni prerez, kako je to prikazano u fig. 4. Sa takvim laktom sisne cevi niti se namerava a niti postiže cilj i delovanje ovoga izuma, pošto je ne moguće delatno raširenje vodenog mlaza na površini $C^1 D^1 G^1$ (fig. 3) pomoću hotimice veliko odabranog, blagog zakrivljenja sa polimerom R^1 (fig. 3). S ovoga razloga ja veliko odabrano raširenje b^2 (fig. 4) ne samo nezgodno, nego prema okolnostima dapače škodljivo, pošto ono može u raširenem delu sisne cevi dati povoda za stvaranje vrtloga. Nadalje je, naprotiv od izuma, polimer r^1 (fig. 3) zida $m^1 E^1 n^1$ kod svih poznatih izvedbi lakata znatno manji nego polimer zakrivljenosti R^1 zida $C^1 D^1 G^1$ što već pri malim brzinama vode prouzrokuje izdvajanje vazduha, stvaranje pare i odlučanje mlaza u blizini jakog zakrivljenja E^1 (fig. 3). Kod dosadanjeg gradjenja zakrivljenih sisnih cevi hotimice birani blagi prelaz od okomitog pravca u onaj kanalovog podnožja, koji treba navodno da spreči nastale gubitke zakrivljenja, izbegava se po izumu takodjer namereno, pošto sa ovakvim poredjajem skupa sa ostrim zakrivljenjem kod E^1 moraju nastati veliki gubici.

Otkloni zid $D G$ (fig. 1, 5 i 9) može u jednostavnim slučajevima biti izradjena kao ravnina, koja u slučaju jednog kod D nalazeć g se zaobljenja prelazi u cilindričnu površinu, čije generatrice stoje okomito na odgovarajućoj srednjoj strujnoj liniji. Provodni zid $C D$ (fig. 1, 5 i 9), čija je zadaća, da provodi tekućinu po mogućnosti bez gubitaka k otklonom zidu, je prema tome takav je oblik sapnikovitog ulaznog prereza. Ako je ovaj na pr. okrugao (f^1 u fig. 6), onda se može provodna površina sastojati iz delova od cilindričnih dotično stožnih površina. Može se takodjer i širina b (fig. 2) provodne površine smanjiti u smeru prema otklonom zidu, sa čime se teoretičkim zahtjevima za strujni tok bolje ugađa. U opšte nije površina vezana na jedan n ročiti geometrički tok i svaka površina je sposobna kao provodna površina, ako protiče tako, da tekućina ima na njoj delatan provod. To je uvek onda slučaj, ako zid prolazi najmanje približno paralelno k ulaznom smeru X srednje strujne niti $X Y$, kako se na pr. iz fig. 1

može razviditi. Sa postavljenim uslovom o razmerima zakrivljenja i raširenja mlaza sapnika utvrđen je takodjer oblik ograničnog zida mEn . Oba postrana zida s i t i u i w (fig. 2) izrađuju se najjednostavnije kao ravni zidovi, koji stoje okomito na otklonom zidu. To se može samo onda dogoditi, ako je sapnikov ulazni prerez trapezovog oblika i trokutan a izlazni prerez pravokutan. Općenito se s toga oblik ovih zidova mora ravnati prema obliku sapnikovog ulaznog i izlaznog prereza. Da se željeno raširenje mlaza postigne, moraju se oba postrana zida razilaziti prema sapnikovom izlaznom prerezu. Pošto se ne mogu izobraziti kao otkloni zidovi, to se takodjer nemože prisiliti nikakovo znatno raširenje paralelno k obema, postranskim zidovima. Preporučivo je dakle, da se pri maloj dužini sapnika, visina izlivnog prereza h (fig. 9) znatno ne poveća prema mlaznoj širini B . Po opisanim uredbama izobražen sapnikov oblik prikazan je u fig. 5 u nacrtu i u fig. 6 u tlocrtu. Fig. 7 pokazuje kao pravokutnika izobraženi i izlazni prerez, koji može biti na uglovima zaobljen (f^2) ili može preći u jedan ovalni prerez (f^3), kao je to u fig. 8 naznačeno. Dobar način delovanja jednog takvog sapnika ostaje takodjer, ako izlazni prerez ne leži jednoj ravnoj, nego u jednoj zakrivljenoj površini. Tlocrtna figura 6 pokazuje jedan pravokutni ulazni prerez. U mnogim slučajevima ima, u sapnika ulazeći tekućinski mlaz okrugli prerez. Samo od sebe se razume, da se u jednom takvom slučaju mora, u fig. 6 sa crticama crtani okrugli prerez f^1 , sa odgovarajućim obrazovanjem obočnih zidova preinačiti u ovalni izlazni prerez sapnika.

Pri gradbi vodenih turbina i sisaljki ne predleži retko zadatak, da se porabi lokalnih i ekonomskih razmera, izvrši delatnije pretvaranje brzine u pritisak na što moguće kraćem putu, daklem pri kratkoj dužini sapnika. Tako na pr. ne može se izgradnja mnogih nisko pritiskih vodenih uređaja izvesti, pošto ekonomično iskorišćenje vodene energije izgleda neprovedivo poradi skupocenih građevnih razmera. Ekonomija prometa kod nisko pritiskih uređaja zahteva na pr. upotrebu brzokretnih turbina, koje, kako je poznato, moraju da rade sa visokim izlaznim gubicima. Ne uspe li se, u ovim izlaznim gubicima nalazeću brzinsku energiju pretvoriti delatno u pritisnu energiju ili ako se za ovu svrhu skupe gradne potrebne, to je u najviše slučajeva izgradnja jednog takvog uređaja neekonomična. Ako se u jednom takvom

slučaju upotrebi, sa otklonim zidom snabdevani sapnik, od koga se postrani zidovi, u smeru izlaznog prereza, tako razilaze, da se širina izlaznog prereza b^3 (fig. 10) jednaka ili veća, nego širina otklonog zida l , to se u prkos male sapnikove širine, mera pretvaranja energije tako jako povisava, tako da je i pri najvećim izlaznim gubicima moguće još dovoljno veliko pretvaranje brzine u pritisak i stoga još moguća ekonomski upotrebiva izgradnja vodene sile,

Oblici sapnika po ovome izumu, od kojih fig. 5 do 11 nekoje primere izrade pokazuju, mogu u opšte svuda biti upotrebljeni, gde je se želi pretvaranje brzinske energije strujećih tekućina u pritisnu energiju pri što manjim gubicima delatnosti. Njihova upotreba je osobito tamo zgodna, gde ograničena gradbena dužina onemogućuje i otežava upotrebu poznatih sapnikovitih oblika. Takovi sapnici služe s toga prednosno kao nadomeštaj za dosada u gradnji vodenih turbina upotrebljivanih stožnastih sisnih cevi, koje kako je poznato iziskuju, pri vodoravnom smeštenju turbinskog vretena, jedan lakat za odvođenje vode u donju vodu. Po iskustvu je činjenica ta, da pri upotrebi dosada odičajnih lakata sa kružnim presekom nastaju znatni gubici delatnog stepena turbine. Nadomeštaj takvih lakata, sa jednim po izumu izobraženim sapnikom dozvoljava ne samo potrebno otklonjenje vode u podvodu nego sprečava na delatan način, kod običajnih lakata neizbeživo nastale gubitke. Ali i kod turbina sa okomitim ili priklonjenim turbinskim vretenom pruža jedan takav sapnik prednosti jednog delatnog pretvaranja energije, pri maloj gradbenoj dužini, što je osobito onda od važnosti, ako sapnik mora biti izrađen obzirom na ugradbene prilike u betonu.

U fig. 12 do 17 pokazuje se upotreba sapnika po izumu za provodno i kretno kolo centrifugalnih strojeva. Kod provodnog uređaja prikazanog sa figurama 12 i 13 obrazovane su prednje strane $D^1 G^1$ provodnih lopata kao otklone površine, dok njihove zadnje strane $m^1 n^1$ odgovaraju u fig. 1 prikazanim blago zakrivljenim zidovima. Radno srestvo, koje u smeru strele l ulazi sa velikom brzinom c^3 u provodne ćelije kola, prisiljava se pomoću otklonih površina $D^1 G^1$, da se raširenje pri istovremenom pretvaranju brzinske energije u pritisnu energiju i dolazi sa malom brzinom c^0 ali sa velikim pritiskom u obočje provodnog kola centrifugalnog kola. U ovu svrhu je, kao i pre, najmanji

polumer zakrivljenosti r (fig. 13) otklonog zida $D^1 G^1$ ili manji ili jednak nego li najmanji polumer zakrivljenosti R zida $m^1 n^1$, koji leži nasuprot otklonog zida. Veličina kutova z i b nije podvrgnuta nikakvim ograničenjima.

Na jednaki način mogu biti i kretna kola centrifugalnih strojeva snabdevena sa takvim sapniku sličnim lopatnim prostorima, pri čem je preduvetovano, da su ovi prostori posvema ispunjeni radnim sredstvom. Primer izvedbe po fig. 14 i 15 pokazuje jedno kretno kolo sa radialnim pridolaskom. Radno sredstvo, koje struji ka kretnom kolu sa velikom brzinom u smeru strele 2, raširuje se kao prije pomoću otklonog zida $D^2 G^2$ pri odgovarajućim smanjenju brzine. Fig. 16 i 17 pokazuju jednaki uređaj i način delovanja kod kretnih kola sa radialnim pridolaskom. Dakle smer strele 3 predstavlja ulazni smer radnog sredstva i $D^3 G^3$, kao otklonog zida ostvarene, lopatne površine.

Patentni zahtevi:

1). Sapnik za pretvaranje brzine u pritisak kod kapljivitih, parnih i gasnih tekućina sa ravnom ili približno ravnom zakrivljenom srednjom strujnom linijom

pretvarajućeg sapnika, naznačen tim, da je tekućinski mlaz, ka ulaznom smeru (X) srednje strujne niti (X Y fig. 1) provodjen pomoću barem približno paralelnog zida (C D) i otklonjen iz svog prvobitnog strujnog pravca pomoću jednog otklonog zida (D G u fig. 1, 5 i 9) od koga je najmanji, na otklonom zidu mereni polumer zakrivljenosti (r) jednak ili manji, nego najmanji polumer zakrivljenosti (R), koji se nalazi na ležećem zidu nasuprot otklonom zidu ($m n$), da se pripomaganjem centrifugalnog delovanja postigne raširenje mlaza poglavito okomito na strujni pravac srednje strujne niti i paralelno prema otklonom zidu.

2). Sapnik za pretvaranje brzine u pritisak po zahtevu 1). naznačen tim, da je dužina njegovog otklonog zida (1 i fig. 9 i 10) jednaka ili manja nego širina (b^3 i fig. 11) sapnikovog izlaznog prereza, da se pri maloj dužini otklonog zida postigne veliko pretvaranje energije.

3). Sapnik za pretvaranje brzine u pritisak u upotrebi kod centrifugalnih strojeva naznačen tim, da čelijske kola poseduje u zahtevu 1). naznačeni oblik, pri čemu su lopatne površine izobličene kao otklone površine (fig. 12—17).



