

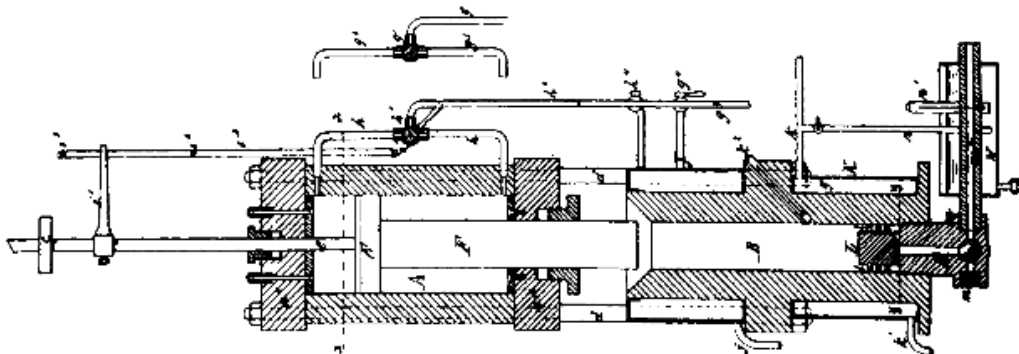
Injekciono presovanje plastike: kratka istorija

Injekciono presovanje danas je jedna od dominantnih tehnika prerade polimernih materijala. Zanimljivo je da je nastala znatno kasnije od ekstrudiranja, te da je od njega preuzela neke važne elemente. U svojoj relativno kratkoj istoriji, injekciono presovanje prešlo je dugačak put, od običnog modifikovanog direktnog presovanja pa do rešenja koja su danas vrhunska u tehničkom smislu. Od osnovnog postupka razvijeno je više stotina specifičnih za određene namene. I razvoju se ne vidi kraj

Sasvim je logična pretpostavka da je prvo potrebno izumeti novi materijal, a onda za njega pronaći odgovarajući postupak prerade i mašinu na kojoj se to može uraditi. Sve je počelo još u 19. veku kada su ljudi počeli da pronalaze plastične materijale, najpre skromno i kao zamenu za retke i skupe materijale iz prirode. Mora se priznati da nisu ni znali da su pronalazači plastike čija je teorijska osnova otkrivena mnogo kasnije. Kao prvi komercijalni plastični materijal izrađen od strane čoveka poznaje se pronalazak britanca Alexandera Parkesa 1861. godine. Materijal na bazi celuloze, *Parkesine*, bio je skup, krt i zapaljiv, ali je zagrevanjem postajao pogodan za presovanje i nakon hlađenja zadržavao je oblik. Nedugo zatim, godine 1868, američki pronalazač John Wesley Hyatt razvio je plastični materijal pod nazivom *Celluloid* koji je bio kombinacija celuloznog nitrata i kamfora. Razvijen je kao zamena za slonovu kost u izradi kugli za bilijar. Novi materijal zahtevao je i novu mašinu za preradu i tu počinje istorija injekcionog presovanja.

Praistorija

Već 1872. pronalazač *Celluloida*, zajedno s bratom Isaihom, patentirao je prvu mašinu za injekciono presovanje. Mašina je bila relativno gruba u poređenju s današnjim, a radila je kao velika igla za davanje potkožnih injekcija. Za ubrizgavanje istopljene plastike korišćen je klip, a rastop je potiskivan kroz zagrejani cilindar u dvodelni kalup. Posle ovoga, u dužem narednom periodu industrija je sporo napredovala izrađujući proizvode kao što su dugmad i šnale za kosu.

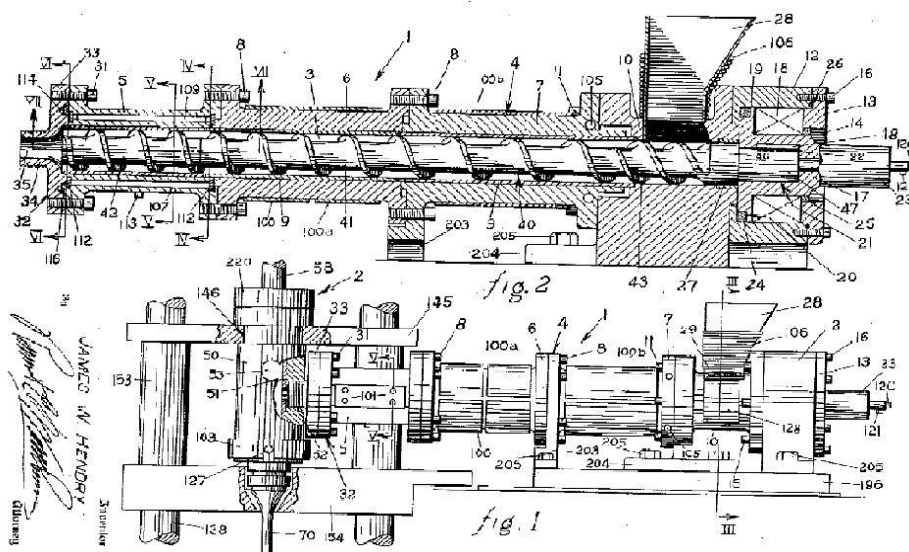


Patentna prijava braće Hyatt za prvu mašinu za injekciono presovanje

Prva revolucija: pužni vijak umesto klipa

Od komercijalne proizvodnje *Bakelita* 1909. godine, u prvoj polovini 20. veka počinje nagli razvoj novih plastičnih materijala. Tokom 30-ih godina prošlog veka pronalaze se i počinje šira upotreba i danas najvažnijih termoplasta (polistiren, PVC, polietilen, PMMA). Svetski rat podstiče pronalazke i primenu i drugih materijala (poliamida), a posle rata javljaju se i polikarbonat, poliacetali i fluoropolimeri. Ubrzo za njima, početkom 50-ih godina pronađeni su polietilen visoke gustine, polipropilen, ABS itd.

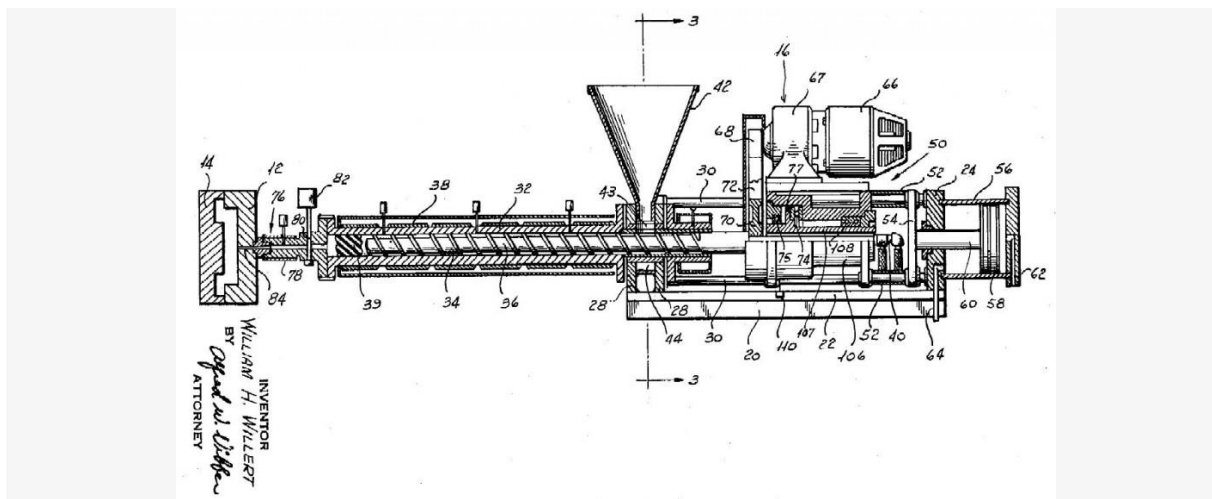
Odmah po završetku rata, američki pronalazač James Watson Hendry izrađuje prvu mašinu za injekciono presovanje s pužnim vijkom (1946). Rotirajući pužni vijak omogućavao je mnogo bolju kontrolu brzine ubrizgavanja i time i kvaliteta proizvoda. Usled postojanja umešavanja pužnim vijkom, mogli su se koristiti obojeni ili reciklovani materijali koji su dodavani u cilindar. Delovanje pužnog vijka bilo je važno u formiranju toplote usled trenja čime je potpomognuto delovanje grejača cilindra. Danas mašine s pužnim vijkom čine preko 95% svih korišćenih mašina za ove namene. Zanimljivo je da je isti pronalazač 70-ih godina prošlog veka prvi patentirao mašinu za injekciono presovanje potpomognuto gasom, što je omogućilo izadu kompleksnih šupljih proizvoda koji se brzo hlade.



Patentna prijava koju je podneo J. W. Hendry za prvu mašinu s pužnim vijkom

Druga revolucija: pokretni pužni vijak

Sledeći ključni razvoj usledio je vrlo brzo, u odnosu na prethodni period. Već 1956. godine William H. Willert patentirao je svoj izum, mašinu za injekciono presovanje s pokretnim pužnim vijkom. Kod njegovog izuma se pužni vijak mogao kretati unapred i unazad tokom ciklusa ubrizgavanja. Nakon topljenja i umešavanja, pužni vijak se zaustavljao i kao klip potiskivao rastop u kalupnu šupljinu. Do tog vremena, sve su mašine za ubrizgavanje koristile klip.



Crtež patentne prijave koju je podneo W. H. Willert za prvu mašinu sa aksijalno pokretnim pužnim vijkom

U SAD se Willert smatra pioninom mašine s pokretnim pužnim vijkom. Razvio je rešenje 1952. i patentirao ga 1956. dok je radio u firmi Egan Machinery. Ipak, neki smatraju da je prvi pronalazač ovakvog rešenja Hans Beck iz firme BASF koji je u Nemačkoj pronašao ovo rešenje još 1943. godine. Popunio je patentnu prijavu, ali ovakve mašine nisu komercijalizovane u Evropi i SAD više od decenije.

Najznačajnija prednost rešenja s pokretnim pužnim vijkom u odnosu na klipno, bila je mogućnost da pužni vijak bolje zagreva i umešava termoplast. Mašine s klipom imale su sposobnost da zagrevaju materijal i da ga sabiju pod pritiskom kako bi se istopio, bez mogućeg umešavanja ili homogenizacije. Pre pužnog vijka, sekcija za pretplastifikaciju kod dvostepene mašine imala je zagrejani "torpedo" fiksiran u centru cilindra kako bi potpomogao topljenje, ali je bio fiksiran i nije stvarao toplotu trenjem ili umešavanjem.

Kontradiktorni su podaci koja je firma prva iznela na tržište ovakvu mašinu. Firma Reed-Prentice navodi da je izradila ovakvu mašinu 1953. sa silom zatvaranja od 600 tona, ali je komercijalni uspeh postignut 1958. godine na NPE uvođenjem mašine *Jetflo*. Neki podaci su i da je firma Egan Machinery izradila prvu mašinu 1958. godine, ali je verovatno reč o prototipu koji je završio u istraživačkoj laboratoriji kompanije DuPont. Postoje tvrdnje da su prvi tipovi izrađeni u Nemačkoj i to 1956–1957. godine od strane firmi Ankerwerk i Eckert & Ziegler GmbH u saradnji s firmom Reifenhauer.



Firma Waldron-Hartig zamenila je klipnu mašinu rešenjem s novim pužnim vijkom 1962. godine

Interes za mašinama s pokretnim pužnim vijkom u SAD naglo je porastao 60-ih godina prošlog veka, kada je skoro svaki proizvođač u ponudi imao ovu varijantu. Iako je većina stručnjaka u to vreme smatrala da je prelaz na pokretni pužni vijak nepovratan i predstavlja budućnost, bilo je i skeptika koji su tvrdili da je reč samo o privremenoj modi.

Treća revolucija: električne mašine

U toku 1952. godine konstruisana je prva numerički kontrolisana (NC) mašina na institutu MIT, a korišćena je glodalica firme Milacron. Ključan je bio pronalazak koji je usledio 1959. godine, a patentirao ga je dr. ing. S. Inaba iz firme Fujitsu. Radilo se o elektro-hidrauličnom pulsnom motoru (NC-kontrolisani hidraulični servomotor) čiji razvoj je potencirala firma Fujitsu. Primena motora i tehnologije NC kontrole rađena je u novoj firmi FANUC (*Fuji Automatic Numerical Control*).

Poznata svetska naftna kriza iz 1973. godine podstakla je FANUC da ubrza razvoj energijski efikasnih potpuno električnih servomotora, što je dovelo do NC servomotora. Glavni tehnološki partner bila je firma Milacron. Započeto je strateško partnerstvo Milacron-FANUC i razvijena je CNC kontrolisana potpuno električna mašina za injekciono presovanje. Prvi put je predstavljena na NPE 1985. godine. Dalji razvoj je već dostigao vrhunac i već više firmi proizvodi i nudi ovakva rešenja, kao potpuno električna ili kao hibridna, u kombinaciji s hidraulikom.

Četvrta revolucija: 3D štampanje

Tehnologija 3D štampanja najmlađe je rešenje izrade plastičnih predmeta, ali je od svojih početaka prošlo već 20 godina. Korišćenjem više tehnoloških postupaka, počev od stereolitografije kao prvog, pa do aditivne proizvodnje (kao jednog od šire primenjivanih danas), obično se proglašava kao pogodan metod za izradu prototipova ili malih serija. Vreme će pokazati kakva su mu ograničenja, a kakve prednosti i mogućnosti primene.

Borko Mijucić