

Vasilije VASIĆ
Gorenje, Velenje, Slovenija

Polipropilensko kućište bubnja* perilice rublja – primjer suvremenoga plastičnog proizvoda

ISSN 0351-1871

UDK 678.742.3:648.235

Stručni rad / Professional paper

Primljeno / Received: 16. 7. 2008.

Prihvaćeno / Accepted: 25. 5. 2009.

Sažetak

Rad opisuje primjenu polimernih materijala i kompozita u industriji bijele tehnike na primjeru kućišta bubnja perilice rublja. Specifičnost razvoja kućišta bubnja jest u tome što je taj dio istodobno vremenski nejednakomjerno neravnomjerno opterećen toplinski i mehanički. Pri tome se moraju uzeti u obzir strogi zahtjevi kvalitete gotovog proizvoda – perilice rublja. Navedeni su razlozi i prednosti uporabe polipropilenskih kućišta bubnja. Opisana su i dosadašnja iskustva i zakonitosti specifičnosti uvođenja polimernih materijala i kompozita u proces industrijske proizvodnje visoko kvalitetnih i pouzdanih proizvoda. Osim trenutačnog stanja tehnike, razjašnjeni su i putovi budućeg razvoja novih, usavršenih polimernih materijala i odgovarajućih kompozita.

KLJUČNE RIJEČI:

bijela tehnika
inovacije
perilica rublja
polimerni materijali
polipropilensko kućište bubnja perilice rublja

KEY WORDS:

innovations
plastic washing machine tub
polymeric materials
washing machine
white goods industry

Washing machine polypropylene tub – case of an advanced polymer product

Summary

The paper presents the applicability of polymer materials and composites in white goods industry using a practical example of a washing machine plastic tub. The specificity of the washing tub is based on simultaneous and time-irregular thermo-mechanical loads, which should be tuned with very tight quality requirements of the final product – the washing machine. The paper also presents the reasons and advantages as well as experiences and principles of introducing polymer materials in industrial production process of high quality and reliable products. Apart from the state-of-the-art technology of polymer materials, the paper provides also an

explanation of the expected development guidelines for advanced polymer materials and the related composites.

Uvod / Introduction

Prepoznatljivost poduzeća Gorenje u Sloveniji i u svijetu tijekom polustoljetnog rada postignuta je proizvodima koji su korisniku dopadljivi i lagani za uporabu, kvalitetni i pouzdani. Najprepoznatljiviji i priznat u svijetu dizajn je proizvoda te tvrtke (npr. *Pininfarina, Ora-Itô*).¹⁻³ Istodobno su proizvodi tehnički izvrsno riješeni, visoka je kvaliteta završne obrade, a sve se temelji na trajnom inoviranju proizvodnog programa.^{4,5}

Među ostalim, trajno inoviranje uključuje sve prošireniju primjenu polimera i polimernih kompozita u proizvodima bijele tehnike. Reprezentativan primjer takve orijentacije je polipropilensko kućište bubnja, koje se već od 2004. godine ugrađuje u perilice rublja.⁶

Ta je orijentacija tvrtke povezana s investicijama u proizvodne linije i radom na nekoliko razvojno-istraživačkih projekata. Najvažnija je pritom aktivnost Tehnološke mreže za inteligentne polimerne materijale i pripadne tehnologije (TM IPMT), koja je bitno pridonijela sadržaju razvojno-investicijskog projekta sufinanciranog iz strukturnih fondova EU s namjerom razvoja polipropilenskoga kućišta bubnja za SLIM** generaciju perilice rublja.⁷⁻⁹

Upravo je posljednji razvojno-istraživački projekt omogućio uvođenje nekih znanstvenih spoznaja u industrijsku praksu. To je i rezultiralo nabavom novoga kalupa za potrebe razvojnog projekta nove generacije perilica rublja, modernizacijom laboratorija za dinamiku uređaja te osnivanjem Laboratorija za mehaniku polimera i kompozita (LMPK) integriranog u razvoj proizvodnog programa perilica rublja (PPA).¹¹

U nastavku će biti opisana dosadašnja iskustva pri razvoju polimernih proizvoda, polipropilenskih kućišta bubnja perilice rublja, i o čemu treba voditi računa da se postigne gotovi proizvod željenih svojstava.

Perilica rublja i potrebno kućište bubnja / Washing machine and the required tub

Perilice rublja proizvode se od kraja 19. stoljeća i u međuvremenu su doživjele veći broj tehničkih prekretnica. Među najvažnije se ubraja primjena elektropogona, elektronička regulacija te zamjena metalnih polimernim komponentama, kao što je to npr. uvođenje polipropilenskoga kućišta bubnja.¹²

Održiv razvoj perilica rublja usmjeren je osnovnom cilju i namjeni – pranjem postići zadovoljavajuće čisto rublje s istodobno što manjom potrošnjom vode, energije i deterdženta.

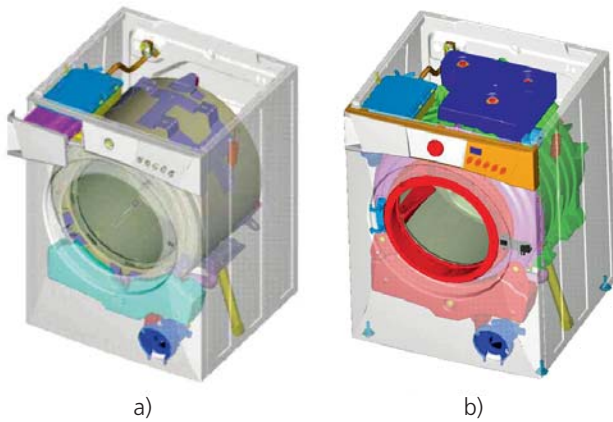
Zadaća je to teža što se mora uzeti u obzir količina i raznovrsnost upotrijebljenog rublja, navike potrošača i sve stroža regulativa za očuvanje okoliša za sva razdoblja životnog vijeka proizvoda (npr. proizvodnja, uporaba).

* U industrijskome kolokvijalnom govoru za kućište bubnja perilice rublja rabi se uobičajeno naziv kada perilice rublja.

** Riječ je o perilicama čija je dubina bubnja, a time i debljina same perilice, upola manja nego što je to uobičajeno.

Postavlja se pitanje je li opravdana primjena polimera u proizvodima bijele tehnike, kao što je to zamjena metalnoga polipropilenskim kućištem bubnja u perilici rublja.

Slika 1 daje pregledan prikaz razlika u konstrukciji izvedbe metalnoga i polimernoga kućišta bubnja.



SLIKA 1 - Usporedba konstrukcija perilice rublja s metalnim i polipropilenskim kućištem bubnja: a) perilica rublja s metalnim kućištem bubnja, b) perilica rublja s polipropilenskim kućištem bubnja

FIGURE 1 – Design comparison of washing machine with metal and polypropylene tub: a) washing machine with metal tub, b) washing machine with polypropylene tub

Osnovna je prednost polipropilenskoga kućišta bubnja pred metalnim u povoljnim svojstvima PP-a (slika 2):^{12,13}

- zbog niže toplinske provodnosti PP-a bolja je toplinska izolacija, a time i toplinski gubitci
- bolja je prigušivost, a time i vibroakustička izolacija
- mogućnost jednostavnoga i cjenovno pogodnog postizanja kompliciranih oblika provjerenim proizvodnim postupcima
- bolji omjer između težine i nosivosti, kao i antikoroziivnost plastične kade.



- 1 Polipropilensko kućište bubnja
Polypropylene tub
- 2 Kućište pumpe
Pump housing
- 3 Dozirna posuda
Dispenser unit
- Ostale polimerne komponente

SLIKA 2 - Polipropilenski dijelovi u perilici rublja i polipropilensko kućište bubnja

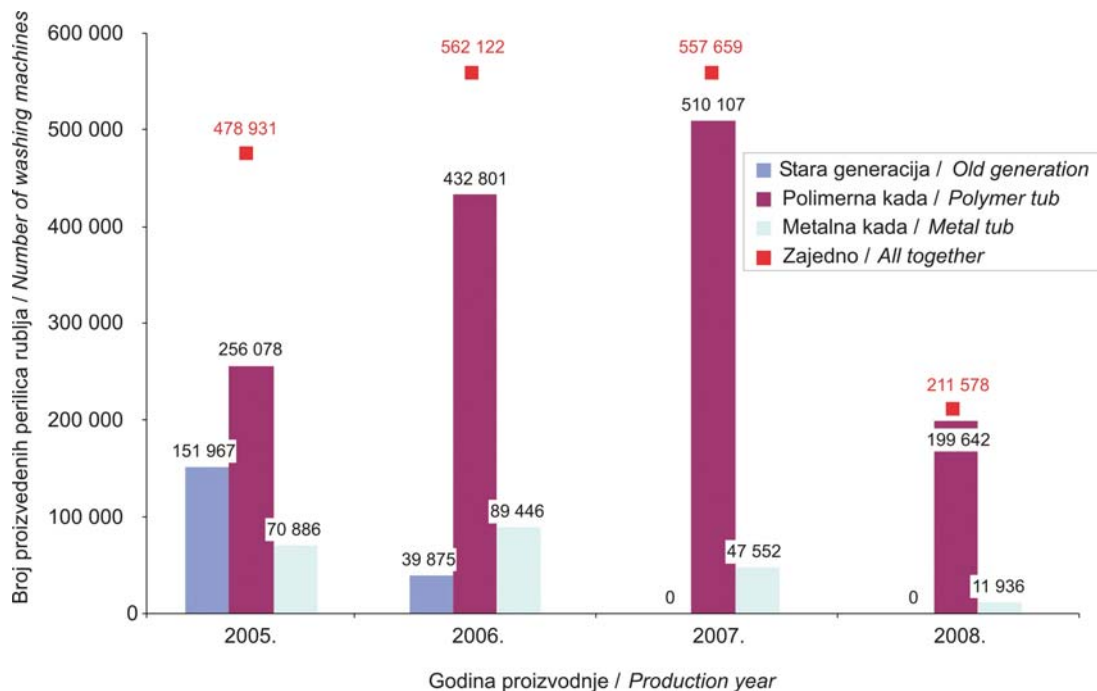
FIGURE 2 - Polypropylene parts in the washing machine and the polypropylene tub

Iz navedenog opisa slijedi da je potrebno manje dijelova u perilici, jednostavnija je montaža, tiši i mirniji rad komponenata, kao i manja težina proizvoda.

Upravo su zato perilice rublja nove generacije s polipropilenskim kućištima bubnja bitno lakše od prijašnjih s metalnima (za oko 10 kg) te s manje komponenata. Osim kućišta bubnja u perilicama rublja bilo je moguće zamijeniti metalne komponente polimernima i kod ostalih sklopova (npr. kod pogonskog sustava, kod amortizera, rukohvat na vratima perilice rublja, a u nekim slučajevima moguća je i uporaba plastičnih ležajeva).^{14,15}

Na osnovi navedenoga mnoga se poduzeća odlučuju za uvođenje polimernih komponenata koje nisu samo funkcijski i izvedbeno pogodne već i rezultiraju vrlo konkretnim ekonomskim učincima. Primjer važnosti polipropilenskih kućišta bubnja perilica rublja prikazuje usporedba proizvodnje perilica rublja s metalnim i polipropilenskim kućištima bubnja (slika 3). U godini 2004. proizvedeno je oko 500 000 perilica s metalnim kućištem bubnja, a već iduće godine prevladale su one s kućištima bubnja od PP-a.

Početni omjer između ugrađenih polipropilenskih i metalnih kućišta bubnja bio je 2005. godine 5:8, dok je već 2007. iznosio čak 10:7.



SLIKA 3 - Usporedba broja perilica rublja s metalnim i polipropilenskim kućištem bubnja (godina 2008., prvih šest mjeseci)

FIGURE 3 - Comparison of the number of washing machines with metal and polypropylene tub (year 2008 – first 6 months)

To povećanje pokazuje da od 2005. postupno prestaje ugradnja metalnih kućišta bubnja. S razvojem znanja o polimernim materijalima i proizvodnim postupcima rast će udio primjene tih materijala u izradbi perilica rublja.

Polipropilensko kućište bubnja u početku se ugrađivalo u perilice rublja nižih frekvencija vrtnje pri završnom centrifugiranju (do 1 000 min⁻¹). Danas se ta kućišta bubnja ugrađuju u perilice viših frekvencija vrtnje pri završnom centrifugiranju (do 1 600 min⁻¹). Na tržištu prevladavaju injekcijski prešana kućišta bubnja načinjena od polipropilena s dodatkom 40 % kalcijeva karbonata. Teži se ugradnji takvih kućišta bubnja i za frekvencije vrtnje od npr. 2 000 min⁻¹, što će dodatno pridonijeti ekonomičnosti proizvodnje ovih kućanskih strojeva.

Razvoj polimernoga kućišta bubnja perilice rublja / Development of washing machine polymer tub

Pristup koncipiranju i razvoju polimernih proizvoda razlikuje se od onoga metalnih proizvoda. Razlika među ostalim proizlazi iz spoznaje da su polimerni materijali podložni starenju i da tlačno-temperaturni postupak prerade (*proizvodna prošlost*) može bitno promijeniti uporabna svojstva polimernih proizvoda. Specifična svojstva podložna starenju su puzanje i relaksacija.¹⁶

Puzanje se kod polimernog materijala pojavljuje kada pri opterećenju dolazi do deformacije koja s vremenom raste. Svojstvo koje opisuje povezanost opterećenja i vremenski rezultirajuće deformacije naziva se puzanje. Relaksacija je recipročna pojava, jer se kod narinute deformacije prati odaziv, sniženje naprezanja. Unatoč tomu što su oba procesa na molekularnoj razini veoma slična, treba istaknuti da su oba procesa termodinamički različita i nisu recipročna.¹⁷

Upravo su puzanje i relaksacija, koji pripadaju području mehanike polimera i kompozita, bili glavna stručna tema razvojno-investicijskog projekta u radu *Laboratorija za mehaniku polimera i kompozita (LMPK)*.¹⁰

Za razvojnog inženjera perilice rublja i kućišta bubnja perilice rublja veoma je bitno naći izravnu vezu osnovnoga (strukturnog) svojstva materijala s uporabnim funkcionalnim svojstvima proizvoda (perilice rublja), kao što je to prikazano na primjeru kućišta bubnja perilice (slika 4).¹⁸

Materijal koji prevladava u industriji bijele tehnike, a koji se upotrebljava za kućište bubnja perilice rublja i za neke druge komponente (npr. posuda za doziranje deterdženta) je polipropilen (PP). Najčešće se PP rabi punjen mineralnim punilom – kredom (CaCO₃), talkom ili ojačan staklenim vlaknima (GF).²¹

Novost na tržištu su materijali na osnovi mikropunila. Takva punila poboljšavaju savojnu žilavost za 30 %, a da se pri tome postiže slično skupljanje kao kod *klasičnog* PP-a s makropunilom (kredom). Istodobno su takvi proizvodi i do 20 % lakši. Zbog približno jednakog skupljanja mogu se koristiti postojeći kalupi za izradbu kućišta bubnja perilice injekcijskim prešanjem.¹⁹

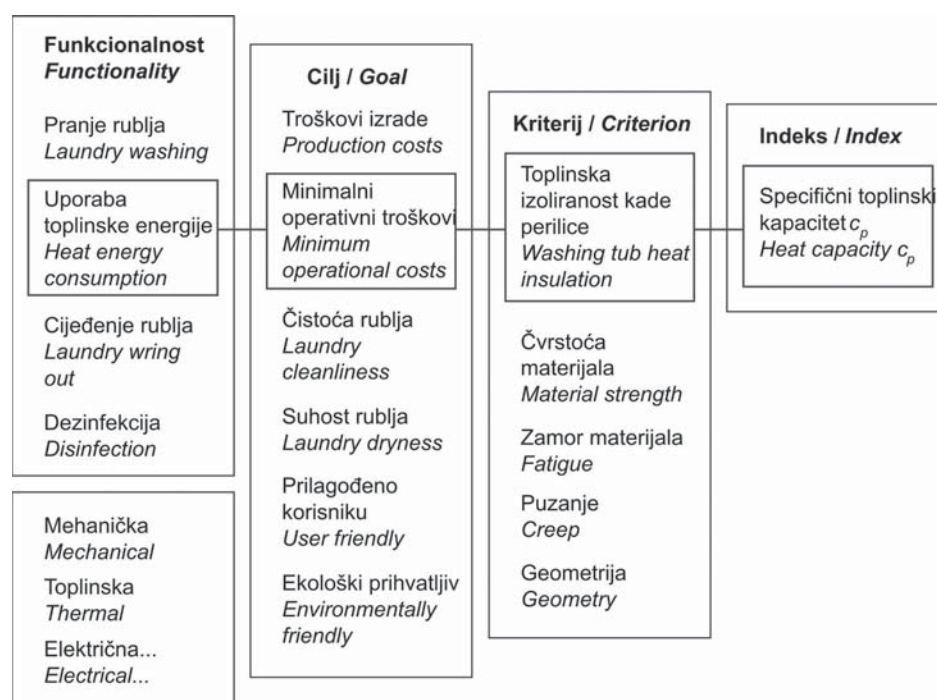
Vrsta dodanog punila u PP za izradbu kućišta bubnja ovisi o stupnju termomehaničkih opterećenja, odnosno potrebnoj frekvenciji vrtnje pri završnom centrifugiranju.²¹

Upravo zbog kompleksnosti termomehaničkih opterećenja i zahtjevnosti razvojnog postupka mnogi proizvođači perilica rublja odlučuju se pri razvoju kućišta bubnja perilice rublja za kooperaciju sa specijaliziranim poduzećima. Time se skraćuje vrijeme razvoja i prijenosa znanja, kao i iskustava između partnerskih poduzeća i institucija znanja (npr. *TECOS – Grozd alatničara Slovenije i Tehnološka mreža za inteligentne polimerne materijale i pripadne tehnologije*).

Razvoj polimernoga kućišta bubnja s vibroizolacijom i posljedično perilice rublja počinje analizom potencijala na tržištu, kao i trenutačnih tehničkih dostignuća (znanstveni radovi i patenti), a završava proizvodnim procesom i korektivnim djelatnostima tijekom prve godine rada proizvoda na osnovi odziva tržišta. Cjelokupan razvoj polipropilenskoga kućišta bubnja s vibroizolacijom može se podijeliti na šest glavnih razvojnih faza. Pritom je razvoj samoga kućišta bubnja nužno detaljnije podijeliti u još pet razvojnih faza. To znači da pri razvoju ovog proizvoda postoji čak 11 faza.²²

Sve faze razvoja polipropilenskoga kućišta bubnja perilice rublja:²²

1. definiranje tehničkih specifikacija i zahtjeva tržišta
2. razvoj kućišta bubnja
 - 2.1 definiranje oblika kućišta bubnja
 - 2.2 analiza stabilnosti kućišta bubnja i definiranje utega
 - 2.3 analiza geometrije kućišta bubnja



SLIKA 4 - Povezanost funkcionalnih zahtjeva perilice rublja s uporabnim svojstvima kućišta bubnja

FIGURE 4 - Correlation of washing machine functional demands with the tub properties

- 2.4 razrada konstrukcijskih detalja u vezi s geometrijom kućišta bubnja
- 2.5 optimiranje geometrije kućišta bubnja
- 3. analiza proizvodnog procesa
- 4. proizvodnja opreme i kalupa za injekcijsko prešanje
- 5. samostalno i zajedničko ispitivanje kućišta bubnja i perilice rublja
- 6. proizvodnja kalupa, opreme i kućišta bubnja.

Na temelju stečenih iskustava postižu se bolji rezultati u učinkovitosti proizvoda (kućišta bubnja) i sniženju proizvodnih troškova zahvaljujući:²²

- standardizaciji komponenata
- integraciji komponenata i funkcija
- sniženju investicija u kalupe i ostalu opremu
- ubrzanom testu životnog vijeka polipropilenskoga kućišta bubnja kojim se mogu simulacijama i odgovarajućim testovima predviđjeti uporabna svojstva kućišta bubnja.

Navedeni rezultati mogu se postići samo primjerenim funkcijskim analizama perilice rublja (npr. normirani testovi udruge proizvođača bijele tehnike – CECED²³) te analizom kućišta bubnja i termomehaničkih svojstava materijala (npr. puzanje, statička, mehanička).

Najvažnije analize koje se moraju provesti:

- strukturna analiza metodom konačnih elemenata uz uzimanje u obzir utjecaja temperature (FEM – statička i dinamička)
- analiza puzanja materijala, odnosno cjelokupne konstrukcije kućišta bubnja
- analiza procesa injekcijskog prešanja (npr. simuliranje – *MoldFlow*, toplinsko-reološka zbivanja pri injekcijskom prešanju)
- analiza opterećenja nosivih ležajeva kućišta bubnja.

Posebna i veoma bitna uloga pri razvoju plastičnih kućišta bubnja pripada dinamici i stabilnosti cjelokupnog sustava – kućišta bubnja s vibroizolacijom, odnosno cjelokupne perilice rublja. Zadovoljavajuća stabilnost prouzrokuje znatno manje naprezanja kućišta bubnja i posljedično manje pomake cjelokupnog sustava, što omogućuje bolje iskorištenje raspoloživog prostora (npr. maksimalno veliko kućište bubnja i unutarnji volumen samoga kućišta bubnja).

Optimiranje se provodi korekcijom dimenzija (betonskih) utega i njihovim mjestom na kućištu bubnja, kao i karakteristika vibroizolacije (npr. opruge, amortizeri).^{24,25}

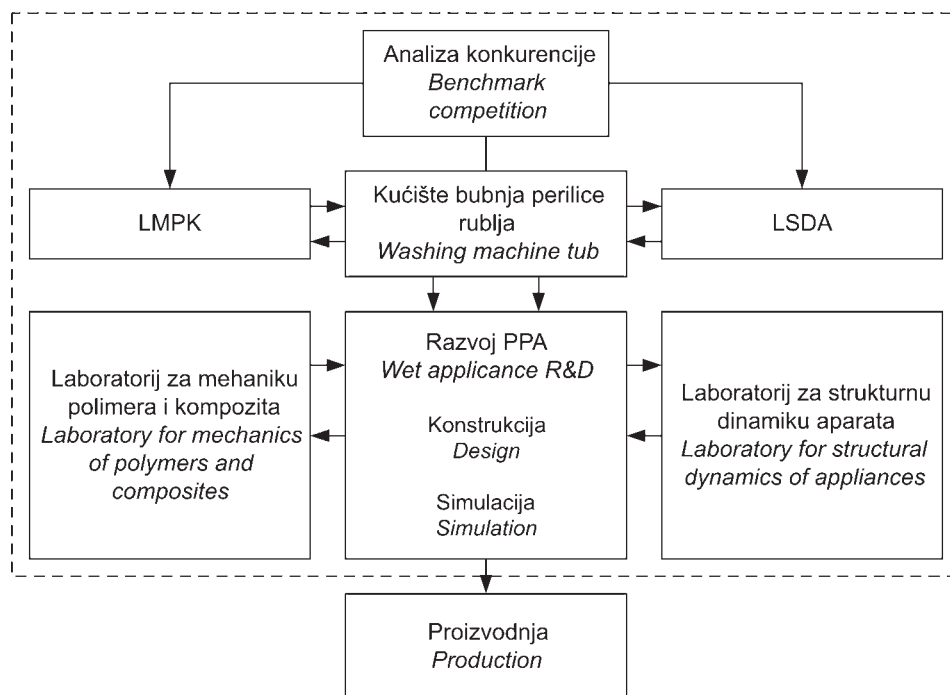
Zbog toga se veoma često kombiniraju eksperimentalni rezultati mjerenja vibracija s uobičajenim režimom programa pranja te odziva cjelokupne strukture kućišta bubnja pri kombiniranim opterećenjima.

Upravo ti zahtjevi rezultirali su osnivanjem dvaju laboratorija u *Gorenju* d.d., odnosno u razvojno-istraživačkom odjelu proizvodnog programa perilica rublja (slov. *program pralno pomivalnih aparatov, PPPA*) (slika 5).^{9,10} To su:

- *Laboratorij za strukturnu dinamiku aparata (LSDA)* – dinamika perilice rublja, eksperimentalno mjerenje vibracija i utjecaja pojedinih komponenata na stabilnost perilice rublja i plastičnoga kućišta bubnja s vibroizolacijom pri proizvodnim režimima rada – tzv. pranje i profil vrtnje bubnja perilice rublja, kao i optimiranje uloge betonskih utega
- *Laboratorij za mehaniku polimera i kompozita (LMPK)* – analiza vremenske ovisnosti polimernih materijala i polimernih komponenata, kao i mogućnost predviđanja životnog vijeka polimernih komponenata (tzv. fizikalno starenje).^{26,27}

Laboratoriji osim ispitivanja u sklopu svoga užeg djelokruga rada služe i provjeri teorijskih spoznaja dobivenih numeričkim proračunima ili simuliranjem iz ostalih područja razvoja perilice rublja. To znači da se u tim laboratorijima mogu uspoređivati različita konstrukcijska rješenja geometrije kućišta bubnja perilica rublja koje se proizvedu od različitih polimernih materijala i pri različitim parametrima injekcijskoga prešanja. To omogućuje unutarnju usporedbu različitih izvedaba vlastitih plastičnih kućišta bubnja i perilica rublja (vlastiti razvoj), kao i neposrednu usporedbu s tehničkim rješenjima konkurencije.^{9,10}

Neposredna stručna veza između laboratorija je u području vibroakustičkog optimiranja svojstava plastičnog materijala, koje se odnosi na prigušivanje vibracija, odnosno na zvučnu izoliranost koja se postiže polimernim materijalima.²⁸



SLIKA 5 - Uloga novih razvojnih laboratorija pri razvoju plastičnoga kućišta bubnja perilice rublja^{9,10}

FIGURE 5 - Role of new, R&D laboratories in the development of washing machine plastic tub^{9,10}

Zaključak / Conclusion

Opisan je vrlo kompliciran i kompleksan razvoj polipropilensko-ga kućišta bubnja perilice rublja. On zahtijeva poznavanje dinamike sustava krutih tijela i praktično određivanje stabilnosti, kao i poznavanje specifičnosti polimera. To se u prvom redu odnosi na razumijevanje polimera kao viskoelastičnih materijala (teorija viskoelastičnosti) i vremenske ovisnosti njihovih termomehaničkih svojstava, puzanja i relaksacije.

Iz opisa proizlazi da uspješan razvoj pojedinih dijelova ovisi o mogućnosti prilagodbe materijala zadanoj svrsi.

Takav je bio i pristup opisanoga razvojno-investicijskog projekta, multidisciplinarni prilaz koncipiranju zahtjevnog proizvoda kao što je polipropilensko kućište bubnja perilice rublja.

U budućnosti se može očekivati razvoj materijala s mikropunilima i nanopunilima, kao i usavršenih kalupa za injekcijsko prešanje. Već se sada može primijetiti bolji i detaljniji opis viskoelastičnih svojstava u računalnim sustavima za simuliranje ponašanja plastičnih komponenata (npr. puzanje, utjecaj punila, tlačno-temperaturna ovisnost reoloških svojstava taljevina u kalupu).

Svladavanje takvih zadataka zahtijeva multidisciplinarni prilaz (npr. dinamika krutih tijela, prigušivanje vibracije, teorija viskoelastičnosti, tribologija, usavršeni elektropogoni) i uporan rad manje skupine stručnjaka u trajanju od 3 do 5 godina uz postupno ulaganje u razvojno-istraživačku opremu.

LITERATURA / LITERATURE

1. Predstavitev skupine Gorenje – 2008.
2. *Gorenje s futuristično kuhinjo po Evropi*, Ora Ito Gorenje Design, www.gorenje-oraito.com, lipanj 2008.
3. *SmarTable nagrada publike na razstavi v Parizu Observateur 08 (Agence pour la promotion de la création industrielle, priopćenje za javnost, Gorenje d.d., www.apci.asso.fr, 27. 2. 2008.*
4. Vasić, V., Jerabek, B.: *Inovativne dejavnosti v podjetju*, Proizvodni management 2003, Inovativnost v proizvodnji, 3. GV konferenca, Portorož, 29. i 30. 5. 2003., 49-57.
5. Vasić, V., Jerabek, B.: *Bela knjiga managementa znanja in inovacijskega managementa*, Skupne razvojne dejavnosti, Inovacijsko razvojni center, Gorenje, Velenje, 2002.
6. Gošnik, D., Zabukovnik, J., Ozimic, V.: *Nova generacija pralnih in sušilnih strojev*, Tehnološki projekt, Gorenje d.d., Velenje, 2003.
7. Emri, I., Dimitrievski, I., Vasić, V.: *Inteleigentni polimerni materiali in pripadajoče tehnologije: ocena tehnološkega potenciala Slovenije na področju okoljskih tehnologij in materialov*, Centar za eksperimentalno mehaniko, Katedra polimerov in kompozitov, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, travanj 2003.
8. Emri, I., Kuselj, B., Dimitrievski, I., Vasić, V.: *Povečanje konkurenčne sposobnosti izdelkov na osnovi multifunkcionalnih polimernih materialov*, Javni razpis za pridobitev sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj: ukrep 1.1: spodbujanje razvoja inovacijskega okolja - za neposredne spodbude za skupine RR projekte v letih 2006 in 2007, Savatech d.o.o., Center za eksperimentalno mehaniko, Katedra za mehaniko polimerov in kompozitov, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, travanj 2006.
9. Vasić, V.: *Evropski sklad za regionalni razvoj sofinancira razvojno-investicijski projekt*, Pika na G, Glasilo Gorenje d.d., 1(2007).
10. Vasić, V.: *Inteleigentni polimerni materiali in pripadajoče tehnologije v Gorenju d.d. - Poročilo o rezultatih razvojno-investicijskega projekta*, Gorenje informacijski Bilten (GiB), Letnik 17, siječanj 2008., 11-17.
11. Kuselj, B., Dimitrievski, I., Vasić, V.: *Povečanje konkurenčne sposobnosti izdelkov na osnovi multifunkcionalnih polimernih materialov*, zaključno poročilo o izvedenih aktivnostih: ukrep 1.1: spodbujanje razvoja inovacijskega okolja - za neposredne spodbude za skupine RR projekte v letih 2006 in 2007, Savatech d.o.o., Kranj, 2007.
12. Vasić, V.: *Polymer materials in white goods industry*, Program in knjiga povzetkov, 15. konferenca o materialih in tehnologijah, 8. - 10. 10. 2007., Portorož, 126.
13. Babka, P., Smoulder, P.: *Next-generation appliances for market differentiation using engineering thermoplastics*, International Appliance Manufacturing 2004, 70-80.
14. Smith, Z., Fletcher, M.: *Gearing up with plastic - Injection-molded gears make drives lighter, quieter, and less costly*, ASME - Mechanical Engineering Magazine, rujan 1998., www.memagazine.com.
15. Smerdelj, J.: *Elegant detail design*, Dupont Electronic magazine, (2005), www.engineeringpolymers.com/dupont-ed/archive/2005-1.html, 12. 8. 2008.
16. Ferry, J. D.: *Viscoelastic properties of polymers*, 3rd, New York: John Wiley & Sons, 1980.
17. Emri, I.: *Time-dependent phenomena related to the durability analysis of composite structures, Durability analysis of structural composite systems*, Brookfield, A. A. Balkema, 1996., 85-122.
18. Vasić, V.: *Primerna mineralnih punila u industriji bele tehnike / Application of mineral fillers in white goods industry*, Svet polimera, 11(2008) 3, 81-86.
19. Ashby, M.: *Material selection in material design*, Butterworth-Heinemann, 2nd ed, 1999.
20. Gubo, R.: *Slim down for best performance*, International Appliance Manufacturing 2005, 124-128.
21. *Borcom and glass-filled polypropylene lowers production costs and increases production efficiency*, www.borealisgroup.com/industry-solutions/automotive-and-appliances/appliances/washing-machine-tubs, lipanj 2008.
22. Montevecchio, M.: *A killer integrated r&d approach to improve appliance performance and reduce manufacturing cost and time to market*, International Appliance Manufacturing 2004, 104-118.
23. CECED - Conseil Européen de la Construction d'appareils Domestiques, www.ceced.org.
24. Vasić, V.: *Poročilo o opravljenih meritvah dinamike pralnega stroja*, Laboratorij za strukturno dinamiko apratov, Gorenje, Velenje, listopad 2007.
25. Veternik, A., Boltežar, M.: *Characterization of washing machine's dynamics behaviour* (diploma), Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2005.
26. ISO 2578 (1993): *Plastics - Determination of time-temperature limits after prolonged exposure to heat*.
27. ASTM D 3045 (1997): *Standard practice for heat ageing of plastics without load*.
28. Jones, D. I. G.: *Handbook of viscoelastic vibration damping*, John Wiley & Sons, 2001.

DOPISIVANJE / CONTACT

Mr. sc. Vasilije Vasić, dipl. ing.
Gorenje d.d.
Partizanska 12
SI-3503 Velenje
E-adresa: vaso.vasic@gorenje.si