

RAZVOJ ULTRAZVUČNOG UREĐAJA ZA PROIZVODNJU METALNIH PRAŠKOVA

D. Knežević, M. Stubičar

KLJUČNE RIJEČI: ultrazvučni raspršivač taljevine, proizvodnja metalnih praškova, pištolj raspršivač

SAŽETAK: Razvijen je i izrađen uređaj za raspršivanje taljevine (pištolj raspršivač), kojim se mogu proizvoditi metalni praškovi iz materijala s temperaturom taljenja do 300°C.

Rukovanje uređajem je vrlo jednostavno, te se za vrijeme rada uređaja mogu podesiti uvjeti u kojima se proizvode praškovi s dimenzijama čestica od 100 µm pa sve do submikronskih veličina.

Novom verzijom sličnog uređaja nastoji se postići mogućnost proizvodnje praškova iz materijala s temperaturom taljenja sve do 2000 °C, u običnoj ili zaštitnoj atmosferi.

DEVELOPMENT OF ULTRASONIC ATOMIZATION DEVICE FOR METALLIC POWDERS PRODUCTION

KEY WORDS: ultrasonic atomization device for metals, production of metallic powders, spray gun

ABSTRACT: The ultrasonic atomization device (spray gun) for melts was developed and constructed, which can be used for the metallic powders production of various systems. Using the present version of this device, it is possible to atomize melts having low melting temperature, up to 300°C.

The operational procedure is simple, and the conditions can be set up to produce powders with the particle size ranging from 100 µm up to submicron dimensions.

With the new version of similar device we intend to prepare powders from materials having the melting temperature up to 2000 °C, in an ordinary or protective atmosphere.

1. UVOD

Praškovi različitih materijala nalaze sve veću primjenu u tehnici. U mikro i optoelektronici posebno su zanimljivi prašci koji se koriste u proizvodnji različitih vrsta pasti, u metalurgiji u proizvodnji elektroda za zavarivanje itd. Tako se predviđa u bliskoj budućnosti da će biti potrebno proizvesti i do 20% izvornog materijala u praškastom obliku, najčešće za potrebe metalurgije praškova.

Po mišljenju mnogih istraživača jedan od najperspektivnijih načina proizvodnje metalnih (i drugih vrsta) praškova temelji se na raspršivanju rastaljenog materijala. Prednosti ovog postupka su u visokoj produktivnosti, znatno smanjenoj potrošnji energije, te u kvaliteti proizvedenog praška. Konstrukcija uređaja za raspršivanje taljevine je jednostavna, a uređaj se odlikuje trajnošću. Takav način proizvodnje je prikladan za automatizaciju, te se kontinuirana proizvodnja praška može vršiti u vakuumu ili odgovarajućoj zaštitnoj atmosferi.

U skladu s predloženom klasifikacijom¹ raspršivanje taljevine (tekućine) može se ostvariti na do sada tri predložena načina: mehanički, plinski ili električni. Mehanički način ima niz nedostataka koji proizlaze iz složene konstrukcije uređaja, pa je on obično velikih dimen-

zija i troši mnogo energije, a takođe je i složena eksploatacija uređaja. Nedostaci plinskog raspršivača su u nužnosti da se raspršivanje taljevine vrši plinom, što u pojedinim slučajevima uvjetuje osiguranje plinova visoke čistoće, a istovremeno je povećan utrošak energije, čak i do 3 do 4 puta s obzirom na mehaničko raspršivanje.

Opći nedostaci opisanih načina raspršivanja rastaljenih materijala su u neujednačenoj veličini čestica praška, te u maloj zastupljenosti veličina čestica promjera ispod 30 µm. Bolji rezultati postižu se pri raspršivanju taljevine ako se za vrijeme raspršivanja koristi ultrazvuk, koji se može rasprostrirati taljevinom ili plinom².

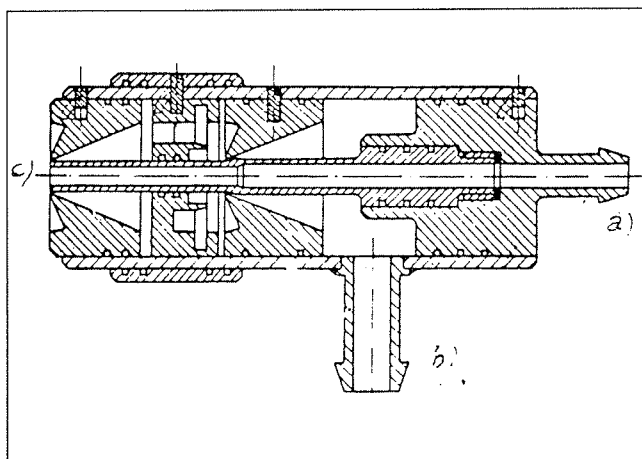
U ovom radu ćemo ukratko opisati rezultate originalnih vlastitih istraživanja u vezi s izradom ultrazvučnog raspršivača i njegovom primjenom u masovnoj proizvodnji praškova materijala koji imaju temperaturu taljenja uglavnom ispod 300°C. Budući da na rad predloženog raspršivača ne postoje suštinska ograničenja u vezi s njegovim primjenom i na višim temperaturama, sada vršimo eksperimente u kojima ćemo moći raspršivati taljevinu zagrijanu i do 2000°C. U tom smislu u raspršivač ugrađujemo materijale koji će moći podnijeti bez oštećenja tako visoke temperature. Također, u toj izved-

bi predviđamo mogućnost kontrole brzine hlađenja kapljica taljevine, da bi se u ekstremnim uvjetima rada takvog raspršivača mogli proizvesti i praškasti materijali s amorfnom strukturom.

2. IZRADA UREĐAJA

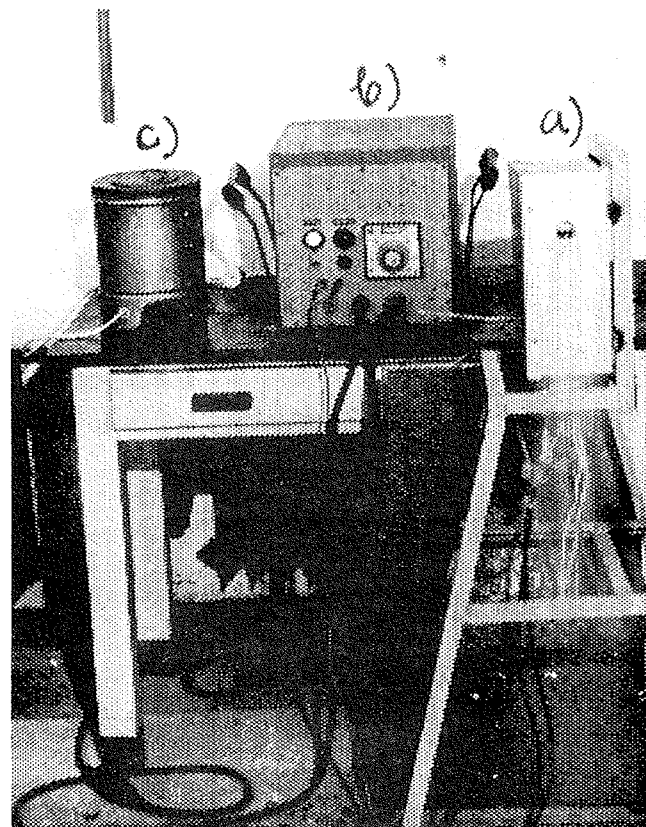
Pri razvoju i izradi uređaja vođeni smo slijedećim idejama: da se povisi frekvencija akustičkih vibracija proizvedenih strujom plina i da se taljevina dovede u ultrazvučno polje; da se višestruko poveća snaga ultrazvuka; da se uvlačenje taljevine u raspršivač ostvari na nekoj jednostavnoj pojavi, na pr. sili teže ili prisutnosti podtlaka, kao što radi i Bunsenova sisaljka; da se ultrazvuk uvede i u plin i u taljevinu; da se nakon raspršivanja tekućine spriječi mogućnost sudaranja raspršenih kapljica s fizičkim preprekama u uređaju, kako se pri tome ne bi kapljice međusobno sljepljivale (ujedinjavale) u veće; da se konstrukcijom uređaja omogući kontinuirano variranje svih bitnih veličina koje utječu na proces raspršivanja kao što su: frekvencija ultrazvuka, potrošnja plina i potrošnja taljevine. Dodatne regulacije odnose se na promjenu tlaka plina, te u našoj izvedbi na mogućnost kontrole hidrostatskog tlaka u dovodnoj cijevi za taljevinu.

U našoj verziji izrađenog ultrazvučnog raspršivača frekvencija ultrazvuka može se mijenjati u intervalu od 18 do 24 kHz. U uređaj smo ugradili ultrazvučni generator Hartmanovog tipa štapne izvedbe. Međutim, višestruko pojačanje snage zvuka postignuto je upotrebom niza akustičkih rezonatora oblikovanih na poseban način (vidi sl. 1). Pri pobuđivanju rezonantnih titraja, u ugrađenim rezonatorima ostvaruju se upravo takve fazne razlike koje odgovaraju njihovom prostornom razmaku, tako da svi zajedno doprinose ukupnom pojačanju snage generiranog ultrazvuka, što je već detaljno opisano^{4,5,6}.

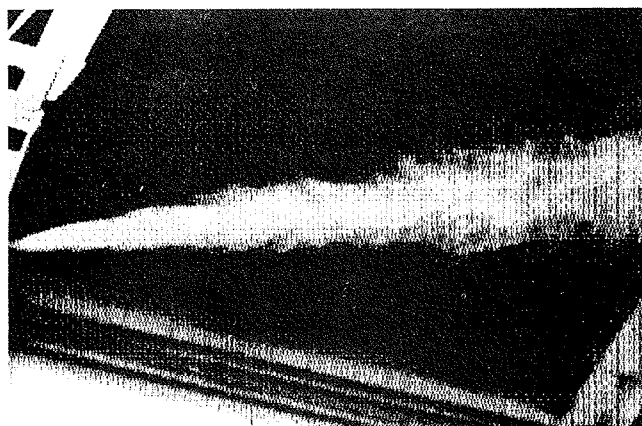


Slika 1: Shematski prikaz ultrazvučnog raspršivača. Neki detalji na crtežu su uvećani a neki smanjeni da bi došli do izražaja svi njegovi sastavni dijelovi
a) ulaz taljevine
b) ulaz plina
c) izlaz plina i raspršene taljevine

Uvlačenje, odnosno usisavanje taljevine u raspršivač ostvareno je podtlakom nastalim zbog strujanja plina. Ranije je već istaknuto^{4,6}, da je potrebno ostvariti uvjete da tekućina dođe u dodir sa strujom plina izvan raspršivača. To je postignuto na način da dovodna cjevčica za taljevinu izlazi izvan samog tijela raspršivača, a sa njene vanjske strane oplakuje ju struja plina. Već je prije⁶ predložena jedna mogućnost promjene frekvencije generiranog ultrazvuka promjenom udaljenosti osnovnog rezonatora od sapnice Hartmanovog generatora štapne



Slika 2A: Snimka laboratorijskog uređaja za proizvodnju metalnih praškova iz taljevine, a) električni grijač i ugrađen ultrazvučni raspršivač, b) izvor struje za napajanje grijača, c) peč za taljenje s grafitnim lončićem smještenim u komori peći



Slika 2B: Snimka mlaza raspršenih kapljica i skrutnutih čestica taljevine nakon prolaza kroz ultrazvučni raspršivač.

izvedbe. Na taj način se i preostali rezonatori dovode u rezonanciju s istim generatorom. Budući da su rezonantne frekvencije svih predviđenih rezonatora bliske, to se odgovarajuća snaga ultrazvuka postiže u frekventnom području od oko 18 do 24 kHz.

Cjevčica za dovod taljevine služi istovremeno i kao štap prilagođenog Hartmanovog generatora ultrazvuka, a također je i sastavni dio osnovnog rezonatora i proteže se duž ultrazvučnog polja. Sve to ukazuje da se ultrazvuk preko cjevčice unosi i u tekućinu i u plin za raspršivanje, kojim se tekućina istovremeno usisava u intenzivni ultrazvučni tunel formiran na izlazu iz raspršivača. Sumiranjem navedenih efekata pojavljuje se potreba optimiziranja rada podesivog ultrazvučnog raspršivača⁶.

3. TESTIRANJE UREĐAJA

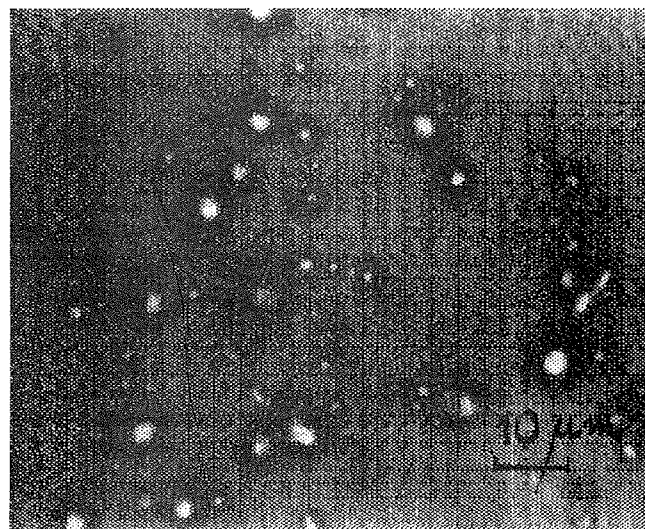
Najprije je izrađen uređaj testiran prilikom raspršivanja: vode, nafte, D2 ulja, formalina, teških ulja, boja, lakova, grubodisperznih suspenzija hidratiziranog vapna u vodi, te neusitnjenih (neizribanih) i nerazređenih pasti od kojih se prave boje, kao i praškastim bojama. Eksperimentalno smo utvrdili da se pri raspršivanju tekućina u njima razbijaju (usitnjuju) postojeći praškasti konglomerati. Na pr. u pasti za izradu osnovne boje za brodove (oznake 1527 - firme Hempels) veličine prisutnih praškastih agregata su prelazile vrijednosti od 100 μm . Našim raspršivačem veličina tih konglomerata smanjena je na oko 10 μm , što je istovremeno i cilj kvalitetne tehnologije raspršivanja te vrste boje. Izrađen podesivi ultrazvučni MPa od uz stalni tlak plina iz područja od 0,3 do 0,7 potrošnje potrošnju plina do 30 Nm^3/sat . Promjena jametra raspršine u direktnoj je vezi s promjenom dimenzija čestica. Ako su ostali parametri rada uređaja podesivi, tako da se pri potrošnji tekućine od 3 dm^3/sat proizvede prašak submikronskih granulacija, tad će se pri potrošnji od 150 dm^3/sat pojavljivati raspršene čestice s dimenzijom od oko 90 μm . Variranjem parametra rada uređaja može se mijenjati i duljina maglenog mlaza taljevine od 0,5 m pa sve do 6 m. Slično se može postići i sa bilo kojom drugom veličinama čestica.

4. PROIZVODNJA I KARAKTERIZACIJA PROIZVEDENIH METALNIH PRAŠKOVA

U sadašnjoj fazi istraživanja izrađen je model (prototip) raspršivača prikladan za proizvodnju metalnih praškova iz niskotaljivih metala i njihovih slitina s temperaturama taljenja ispod 300°C. U ovoj verziji ultrazvučni raspršivač je direktno zagrijavan s posebnim električnim grijačem. Uz odgovarajući protok plina i struju grijača mogla se postići željena temperatura. Taljevina je obično bila zagrijana na nešto višu temperaturu, obično oko 30°C iznad temperature taljenja. Izrađeni model raspršivača bio je u mogućnosti, da uz zadane uvjete rada, u kontinuiranom radu potroši oko 2,5 dm^3 taljevine, na pr. New-

tonove slitine za vrijeme od jednog sata, što je istovremeno iznosilo oko 20kg/sat proizvedenog praška.

Raspršivanjem taljevine niskotaljivih metala i slitina dobiveni su prašci s dimenzijama čestica od submikronskih pa sve do oko 100 μm , ovisno o uvjetima proizvodnje. Eksperimentalno smo utvrdili da na početku (startanju) procesa raspršivanja nastaju nešto veće čestice od onih u kasnijem toku proizvodnje. Fizikalno je to jasno, jer je u tom trenutku povećana potrošnja taljevine, što se manifestira u krupnijim nastalim česticama. Nakon stabiliziranja procesa proizvodnje smanjuje se potrošnja taljevine, pa je za vrijeme stabilnog rada uređaja moguće proizvesti i prašak s česticama submikronskih veličina. U pravilu oblik čestica je kuglast (vidi sl. 3), a struktura čestica je kristalna što je utvrđeno metodom rendgenske difrakcije. Kristalna struktura vjerovatno je posljedica male brzine hlađenja kapljica taljevine. Moglo bi se očekivati da su čestice submikronskih dimenzija amorfne strukture, što nismo mogli i dokazati jer u sadašnjim uvjetima rada takve čestice nismo mogli izdvojiti s obzirom na preostale. Međutim, i sa sadašnjom izrađenom verzijom ultrazvučnog raspršivača namjeravamo izvršiti dodatne poskuse, kao na pr. špricanje mlaza taljevine na rotirajući bakreni disk, ili čak direktno u tekući dušik, kako bi ispitali utjecaj promjene brzine hlađenja na promjenu strukture pripremljenih traka ili praškova.



Slika 3: Mikroskopska snimka čestica proizvedenog praška iz taljevine pomoću ultrazvučnog raspršivača.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj i primjena podesivog ultrazvučnog raspršivača zaslužuje pažnju, budući da je dokazano da se uvođenjem ultrazvuka može uštedjeti i do 20% utrošenog plina, a istovremeno se postiže znatno smanjenje dimenzija čestica praška. Raspon veličina čestica je također manji s obzirom na druge metode proizvodnje. Uzmu li se u obzir dodatne mogućnosti usavršavanja i optimiziranja rada takvog uređaja (na pr. daljnje po-

ćanje frekvencije ultrazvuka, uvođenje ultrazvuka i u
n i u taljevinu, mogućnost daljnjeg povećanja snage
razvuka), te dodatne poboljšanja u vezi s povišanjem
dne temperature raspršivača, mogućnosti rada u kon-
oliranoj atmosferi, kontrolirano hlađenje mlaza ras-
šene taljevine, kao i izrada uređaja koji će raditi u
atvorenom prostoru (komori) itd., tada je jasno da je
otrebno još mnogo znanja i napora uložiti da bi se
radio raspršivač sposoban da proizvede prašak una-
rijed zadanih karakteristika. Dosadašnji rezultati takvih
straživanja su obećavajući i ohrabrujući istovremeno,
a ćemo s takvim istraživanjima nastaviti.

6. POPIS LITERATURE

1. Ju. F. Dijtjakin, L. A. Kljačko, B. V. Navikav i dr., Raspilenie žid-
kostej, Mašinostroenie, Moskva, 1977
2. Ekandiocjani O. K., u knjizi: Fizičeskie osnovi ultrazvukovoj tehno-
logii, Nauka, ČZM, 1970
3. Istočniki moščnogo ultrazvuka (pod redakcij: prof. L. D. Rozen-
berga), Nauka, Moskva, 1967

4. D. Knežević, Ultrazvučni raspršivač, YU pat. P1103/85 br. 14847
5. D. Knežević: Plinsko strujni ultrazvučni raspršivač, YU pat. P
1176/88 br. 1176
6. D. Knežević, Podesivi ultrazvučni raspršivač, YU pat. 9/1988
7. B. A. Agranat, A. L. Gudovič, L. B. Neževko, Ultrazvuk v
poroškovoju metallurgii, Metallurgija, Moskva 1986
8. B. A. Agranat, M. N. Dubrovin, N. N. Havskii, G. I. Eskin, Osnovi
fiziki i tehniki ultrazvuka, Viššaja škola, Moskva, 1987
9. Powder Metallurgy for High Performance Applications (Eds. J. J.
Burke and V. Weiss), Syracuse Univ. Press, Syracuse, 1972

D. Knežević, dipl. ing.
Dr. M. Stubičar, dipl. ing.
Fizički zavod
PMF Sveučilišta u Zagrebu
p.p. 162 - Marulićev trg 19
41001 Zagreb

Prispelo: 20. 09. 1989 Sprejeto: 22. 02. 1990