

Nekaj o metalurgiji, prahu in o njenem prihodnjem razvoju

V članku so navedeni osnovni podatki o sedanjem stanju metalurgije prahu ter o gradivih P/M² na osnovi železa. Na kratko so omenjene možnosti uporabe; bistvo članka pa je v opisu prihodnjega razvoja tehnologije prahu, ki odpira tudi za nas izredno zanimiva delovna področja.

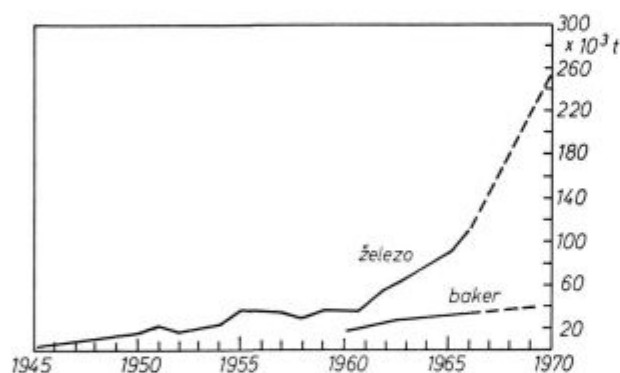
² Oznaka P/M pomeni izdelek ali gradivo iz prahu.

Metalurgija prahu je razen vliivanja najstarejša metalurška večšina, katero pa so drugi postopki potisnili v ozadje tako, da se je pričel njen moderni razvoj šele nekako v začetku našega stoletja. Morda bi lahko vzeli za mejnik Löwendahlovo zamisel oziroma predlog iz leta 1908, da bi izdelovali porozne ležaje, vendar bi bil ta datum gotovo po-

polnoma arbitraren. Nesporno pa je doživela metalurgija prahu svoj prvi industrijski vzpon med drugo svetovno vojno, ko so Nemci zaradi pomanjkanja bakra izdelovali vodilne obroče topovskih granat iz sintranega železa, prepojenega s parafinom, in pa, da je po vojni prevzela primat v tej panogi Amerika, kjer je dozorela metalurgija prahu v novo tehnično in ekonomsko zelo pomembno tehnologijo.

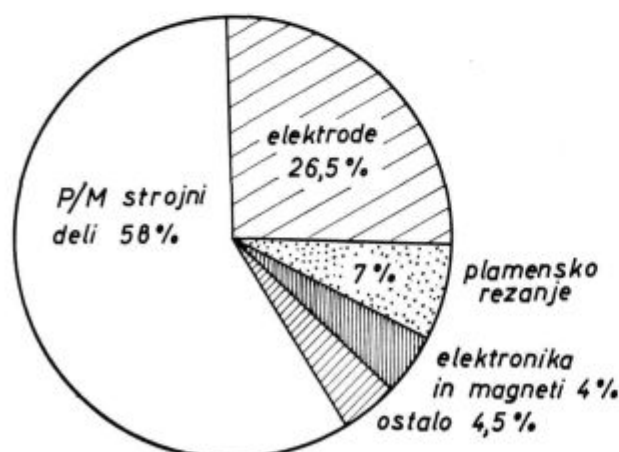


Slika 3
Nekaj strojnih in konstrukcijskih delov P/M



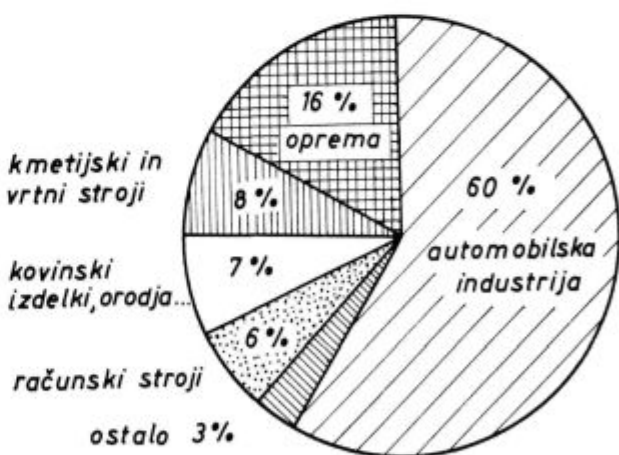
Slika 1

Poraba železovega in bakrovega prahu v USA od 1945 do 1970. leta. Po podatkih MPIF



Slika 2

Poraba železovega prahu v posameznih delovnih področjih. Po podatkih MPIF



Slika 4

Poraba strojnih in konstrukcijskih delov P/M v posameznih industrijskih vejah. Po American Machinist, October 24, 1966

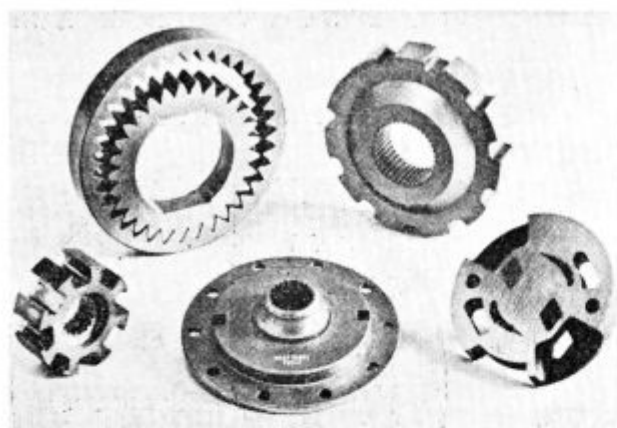
Ta razvoj najbolj ponazorujejo podatki njihovega združenja MPIF — Metal Powder Industries Federation — o porabi železovega in bakrovega prahu, katerega navajamo na sliki 1.

V letu 1966 so porabili Amerikanci kakih 100 tisoč ton železovega prahu, kar ustreza nekako 1 % njihove železarske proizvodnje. Slika 2, ki se opira na nekoliko starejše podatke² pa pove, da je šlo skoraj 60 % tega prahu v različne strojne in konstrukcijske dele, medtem ko so preostalo količino porabili predvsem za izdelavo elektrod in za plamensko rezanje.

Pri teh strojnih in konstrukcijskih delih P/M, katere prikazuje slika 3, gre večinoma za drobne izdelke, katerih teže navadno ne presegajo nekaj sto gramov. Poglavitna prednost pred klasičnimi izdelki je njihova nizka cena, saj poročajo, da so izdelki iz prahu navadno za 30 do 50 % cenejši in da celo prihranki 90 % niso ravno redki. Pretežno jih porabi avtomobilska industrija, saj vsebuje na primer vsak Chryslerjev avtomobil do 100 izdelkov P/M, vendar — kot kaže slika 4 — predstavljajo tudi drugi potrošniki pomembno tržišče³.

Na tako konkurenčnem in zahtevnem tržišču kot je v ZDA, ni mogoče improvizirati. Tehnologija prahu je lahko prodrla ne le zaradi znane ekonomske prednosti, v primerjavi s strojno izdelavo, ampak tudi zaradi zaupanja v kvaliteto izdelkov in materialov P/M. Konstrukterjem je danes na voljo že kakih 30 kvalitet železnih oziroma jeklenih sintranih gradiv, okoli 20 vrst nerjavnega jekla in nad 30 barvnih kovin oziroma zlitin.

Prav zaradi tako široke izbire gradiv nastajajo nove možnosti za uporabo sintranih izdelkov; zlasti avtomobilska industrija teži za tem, da bi uvedla sintrana gradiva na račun sive in temprane



Slika 5

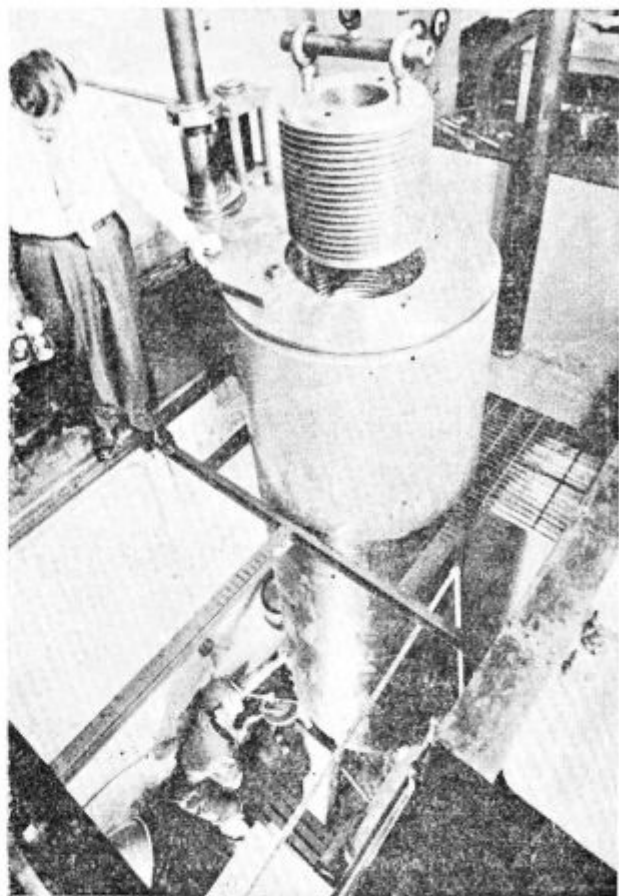
Vrhunski izdelki P/M za avtomobilsko industrijo (material Fe-Cu-C, tolerance do $\pm 0,01$ mm). Po Materials Engineering, July 1967

litine. Iz razumljivih razlogov je ta razvoj počasen, toda tu ne gre samo za previdno osvajanje novega, ampak tudi za premostitev nekih tehnoloških težav. Takšni izdelki, na primer deli avtomobilskih menjalnikov, so večji in tehtajo tudi po nekaj kilogramov, to pa nujno zahteva večje in učinkovitejše proizvodne agregate. Če namreč računamo, da potrebujemo za stiskanje železovega prahu tlak kakih 5 mp/cm², lahko na 300 mp stiskalnici, ki pa so

danes še zelo redke, stisnemo predmet s presekom do približno 50 cm². Tak predmet pa lahko tehta zaradi zahtevanih razmerij med premerom in višino stiskanca kvečjemu do približno 2 kg. Podobne razmere so tudi pri pečeh za sintranje, ki so grajene za majhne kose in dajejo največ nekaj sto kilogramov izdelkov na uro. V teh okvirih je možno izdelati prave mojstrovine — slika 5⁴ — samo zaradi povečanega obsega proizvodnje pa ne moremo pričakovati toliko večje porabe prahu, kakršno nakazuje diagram na sliki 1. Optimizem, kot ga izraža projicirana krivulja, se lahko opira le na nova spoznanja in na nove tehnološke postopke.

Posebno pomembna pridobitev zadnjih let so gotovo novi kvalitetni prahovi, ki omogočajo cenejše in kvalitetnejše delo. Tako ponujajo danes z bakrom infiltrirani železov prah, za katerega trdijo, da je delo z njim znatno cenejše kot delo z dosejaj navadno mešanico obeh prahov, oziroma kot infiltriranje. Na trgu so tudi prahovi z izboljšano stisljivostjo, zaradi katere dosežejo višje trdnosti in tesnejše tolerance, kar olajšuje toplotno obdelavo izdelkov P/M.

Za nadaljni razvoj tehnologije prahu pa je bistvena ter izredno pomembna uvedba hidrostatičnega oziroma izostatičnega stiskanja prahov.



Slika 6

Postroj za hidrostatično stiskanje prahov. Po The Iron Age, August 23, 1961.

Tabela 1* — Mehanske lastnosti železnih oziroma jeklenih gradiv P/M

Material	PMPA oznaka	Gostota g/cm ³	Stanje	δ_m kp/cm ²	δ_v kp/cm ²	δ %	Trdota
99 Fe min	F-0000-N	5,7—6,1	sintrano	13	10	5	20 HR _H
99 Fe min	F-0000-S	7,0	sintrano	25	18	11	10 HR _B
99 Fe min	F-0000-T	7,3	sintrano	28	18	12	20 HR _B
99 Fe min	F-0000-U	7,5	sintrano	29	19	30	22 HR _B
99 Fe-1C	F-0010-P	6,1—6,5	sintrano	24	19	1,0	50 HR _B
99 Fe-1C	F-0010-P	6,1—6,5	top. obdel.	33		0,5	90 HR _B
99 Fe-1C	F-0010-S	7,0	sintrano	42		3,0	
99 Fe-1C	F-0010-S	7,0	top. obdel.	45		0,5	100 HR _B
99 Fe-1C	F-0010-T	7,3	sintrano	48		3,0	
99 Fe-1C	F-0010-T	7,3	top. obdel.	89		2,5	105 HR _B
Fe-1,5 Ni-0,5 Mo-0,6 C	FN-0206-S	6,8	sintrano	49	41	2,5	80 HR _B
Fe-1,5 Ni-0,5 Mo-0,6 C	FN-0206-S	6,8	top. obdel.	63	56	0,5	25 HR _C
Fe-1,5 Ni-0,5 Mo-0,6 C	FN-0206-T	7,2	sintrano	63	50	2,5	95 HR _B
Fe-1,5 Ni-0,5 Mo-0,6 C	FN-0206-T	7,2	top. obdel.	98	84	0,5	35 HR _C
90 Fe-10 Cu	FC-1000-N	5,8—6,2	sintrano	21	18	0,5	
90 Fe-10 Cu	FC-1000-N	5,8—6,2	top. obdel.	38		1,0	30 HR _C
92 Fe-7 Cu-1 C	FC-0710-N	5,8—6,2	sintrano	35	28	0,5	70 HR _B
92 Fe-7 Cu-1 C	FC-0710-N	5,8—6,2	top. obdel.	60		1,5	30 HR _C
92 Fe-7 Cu-1 C	FC-0710-S	6,8	sintrano	58	44	1,0	73 HR _B
92 Fe-7 Cu-1 C	FC-0710-S	6,8	top. obdel.	77		1,5	40 HR _C
Fe-7 Ni-2 Cu-1 C	FN-0710-S	6,8	sintrano	49	35	2,5	70 HR _B
Fe-7 Ni-2 Cu-1 C	FN-0710-S	6,8	top. obdel.	95		1,5	42 HR _C
Fe-7 Ni-2 Cu-1 C	FN-0710-T	7,2	sintrano	64	51	3,5	85 HR _B
Fe-7 Ni-2 Cu-1 C	FN-0710-T	7,2	top. obdel.	110		2,0	44 HR _C
80 Fe — 20 Cu	FX-2000-T	7,1 min	sintrano	49	49	1,0	75 HR _B
80 Fe — 20 Cu	FX-2000-T	7,1 min	top. obdel.	90		0,5	35 HR _C
79 Fe-20 Cu-1 C	FX-2010-T	7,1 min	sintrano	77	63	1,0	95 HR _B
79 Fe-20 Cu-1 C	FX-2010-T	7,1 min	topl. obdel.	106		1,0	40 HR _C

* po Materials Engineering, July 1967

Metoda se opira na znani Pascalov zakon. Kot sredstvo za prenos tlaka uporabljajo vodo (hidrostatično stiskanje), če stiskajo pri sobni temperaturi, če pa stiskajo pri visokih temperaturah, mora biti sredstvo kak nereaktiven plin, na primer helij (izostatično stiskanje). Agregati, ki so danes že na voljo imajo delovne komore premera na primer do $\varnothing 600 \times 1500$ mm ter delajo pri nazivnem tlaku do 4000 kp/cm².⁵ Zmogljivosti takih agregatov so seveda precejšnje. Poročajo, da izdelujejo z izostatičnim stiskanjem do po nekaj ton težke ingote duktilnega volframa⁶, kar bi ustrezalo pri jeklih kakim 800 kg.

Tehnika hidrostatičnega stiskanja odpira metalurgiji prahu popolnoma novo razvojno smer, to je, izdelavo surovcev za nadaljnjo predelavo po znanih postopkih, na primer z valjanjem, kovanjem, ekstrudiranjem. Na prvi pogled je tak razvoj presenetljiv, saj je znano, da je cena prahu navadno višja od cene ulitega materiala. Zato naj bi bila uporaba prahu ekonomsko neutemeljena. V pretežnem to drži, vendar se v nekaterih prime-

rih uporaba prahu vendarle splača. Tako poročajo, da je Cadillac uspešno končal poskusno serijo iz prahu kovanih ojníc za svoje motorje. Bistvo postopka je, da stisnejo iz prahu surovce primernih oblik, nato jih pa kujejo v zaprtih utopih, zato odpade znaten del sicer potrebne dodatne obdelave. Vsevkupni stroški so zato manjši kot pri navadnem kovanju; odkovki P/M pa ustrezajo tudi v tehničnem pogledu, saj dobijo 100 % gost material s trdnostjo do približno 210 kp/mm² ter z raztezki do 12 %⁸. Ta postopek bi dobil posebno vrednost, če bi se v tehničnem merilu posrečila tudi proizvodnja močno legiranih prahov, v kateri veliko obeta zlasti redukcija mešanice oksidov s kalcijevim hidridom⁹.

Pri orodnih jeklih gre za drug problem. Znano je, da pride pri njihovi izdelavi do močnega izcejanja, izceje pa povzročajo v materialu volumske spremembe, zaradi katerih je potrebno dodatno brušenje orodij. Brušenje povzroča seveda napetosti in površinske razpoke, kar oboje zmanjšuje življenjsko dobo orodja. Tem težavam se lahko

izognemo tako, da uprašimo talino ustrezne sestave. Pri tem se posamezni delci tako hitro ohladijo, da ne morejo izcejati, in če pripravimo iz tega prahu surovce za valjanje, dobimo homogen material s fino porazdeljenimi karbidi. To je sprožilo obširno razvojno delo na orodnih jeklih P/M, o katerem so prišle v javnost prve novice v začetku lanskega leta¹⁰. Vse kaže, da je bilo delo uspešno, saj trdijo¹¹, da je življenjska doba orodnega jekla P/M M2S (ki ustreza približno našemu BRM 2 ali C.7680) kar dva in polkrat daljša od jekla, ki so ga izdelali na navaden način. Poseben poudarek daje tej novici podatek, da ima ameriška firma »Crucible« v načrtu začetek proizvodnje orodnega jekla P/M do leta 1970 in da imajo v načrtu po-

stroja predvidene peči do približno 1500 kg¹² zmogljivosti.

Moderni razvoj metalurgije železovega prahu oziroma sintranega jekla ima torej dva cilja: na eni strani tehnično in ekonomsko spopolnitev sedanje proizvodnje strojnih in konstrukcijskih delov ter premik k večjim in težjim izdelkom; na drugi strani pa poskušajo, kot dokazujeta navedena primera, izkoristiti prah in s tem zvezane ekonomske ali kvalitativne prednosti za izdelavo surovcev za znane predelovalne postopke. Če se to res posreči, je popolnoma gotovo, da se bo delež prahu v nekaj letih precej vzdignil nad sedanji odstotek in da je popolnoma upravičen optimizem, ki ga izraža projicirana krivulja na sliki 1.

Literatura

1. K. H. Roll: »State of the Industry Report — 1967«. V Progress in Powder Metallurgy — 1967, New York, MPIF, 1967.
2. K. H. Roll: »Metal Powder Statistical Report: 1962—1963« v Progress in Powder Metallurgy — 1963, New York, MPIF, 1963.
3. G. Degroat: »What's New in Powder Metallurgy«, American Machinist, October 24, 1966.
4. J. A. Vaccari: »P/M Parts« Materials and Processes Manual No. 242, Materials Engineering, July 1967.
5. Prospekt firme Uhde.
6. Steel, November 4, 1963.
7. The Iron Age, November 7, 1963.
8. L. C. Kobrin: »Iron Powder Poised for New Boom« The Iron Age July 13, 1967.
9. B. A. Borok: Researches in Powder Metallurgy, New York, Consultants Bureau, 1966.
10. The Iron Age, January 5, 1967.
11. The Iron Age, December 7, 1967.
12. Powder Metallurgy Information Bulletin, January 1968, No. 244, MPIF, New York.

ZUSAMMENFASSUNG

Dieses Bericht enthält einen kurzen Überblick über die Entwicklung nach dem heutigen Zustand der Pulvermetallurgie, und die Gebrauchseigenschaften der gesinterten Eisenwerkstoffe.

Der Hauptteil dieses Berichtes behandelt die zukünftige Entwicklung dieser Technologie, welche zum grössten Teil durch die Einführung des Hydrostatischen pressens, und durch die neuen Erkenntnisse über die geschmiedeten stark legierten P/M Materialien beschleunigt wurde.

Die neuere Entwicklung der Pulvermetallurgie kann man in zwei folgende Richtungen unterteilen. Einerseits

handelt es sich um die Verbreitung des heutigen Assortiments mit grösseren, besonders aber mit wärmebehandelten Sinterprodukten, andererseits handelt es sich um aus Pulver gefertigte Rohlinge, welche nach dem üblich bekannten Verfahren wie zum Beispiel Walzen und Schmieden u. s. w. bearbeitet werden. Die bisherigen Versuche sind vielversprechend. Wenn die sich auch verwirklichen, besteht kein Zweifel, dass die Pulverproduktion stark ansteigen wird und auch in die heute noch nicht interessante Gebiete eingreifen wird.

SUMMARY

In the article a short description of the development and present status of powder metallurgy is given together with the properties of the iron-base P/M materials. The essential part of the article deals with the future development of the powder technology especially regarding the possibilities offered by hydrostatic pressing technics and the recently disclosed forging P/M preforms and making P/M tool steel. Based on these data the powder metallurgy

is the next years going to expend its present market with bigger and more complex heat-treated P/M parts and to enter a new field of making blanks for further processing by forging, rolling and extruding. If this proves to be successful, there is no doubt, that the production of iron-base powder will increase much over the present 1% of the USA steel production.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статья содержит короткое описание развития и теперешнее состояние порошковой металлургии а также употребление и свойства спеченных — изделий. Существенная часть статьи рассматривает последующее развитие этой технологии, которую сильно ускорила в особенности введение гидростатического прессования а также новые исследования о кованных и высоколегированных изделий P/M. Всё указывает, что порошковая металлургия будет в последующих годах развиваться в двух направлениях: с одной

стороны к расширению ассортимента более тяжелых термически обработанных спеченных изделий; с другой стороны — на выделку необработанных изделий которые подлежат прокатке, ковки и выдаиванию. Пока полученные результаты весьма положительны. Если исследования закончатся успешно, можно ожидать значительное увеличение производства порошка также для применения в областях в которых порошковая металлургия ещё не заинтересована.