

## MODERN MACHINE TOOLS AND THEIR MODULES

### SUVREMENI ALATNI STROJEVI I NJIHOVI MODULI

CIGLAR, Damir; UDILJAK, Toma; MULC, Tihomir & STAROVESKI, Tomislav

**Abstract:** *Without industrial production there is no progress and prosperity of society. Industrial production make the profit and therefore it must be modern, high quality, cost effective and extremely competitive. It is certain that the manufacturing systems are the basis of industrial production and they must be flexible in order to successfully solve all the requirements of shorter time delivery of complex products that are made on them. In the market today, there are various machine tools, as part of the machining system, and their proper selection in purchasing is critical for their further exploitation and utilization. This article gives an overview of trends in the development of modern machine tools and their basic modules and can assist in their proper choice.*

**Key words:** *Modern Machine Tools, Modules, Development Trends*

**Sažetak:** *Bez industrijske proizvodnje nema napredka i boljitka društva. Industrijska proizvodnja ostvaruje profit i zato ona mora biti suvremena, kvalitetna, ekonomična i nadasve konkurentna. Sigurno je da obradni sustavi čine temelj industrijske proizvodnje i moraju biti prilagodljivi da bi uspješno rješavali zahtjeve sve kraćeg vremena isporuke složenih proizvoda koji se na njima izrađuju. Na tržištu danas postoje različiti alatni strojevi, kao dio obradnog sustava, i njihov pravilan izbor kod nabave je ključan za njihovu daljnju eksploataciju i iskoristivost. Ovaj članak daje pregled trendova razvoja suvremenih alatnih strojeva i njihovih osnovnih modula i može pomoći pri njihovom pravilnom izboru.*

**Ključne riječi:** *Suvremeni alatni strojevi, moduli, trendovi razvoja*

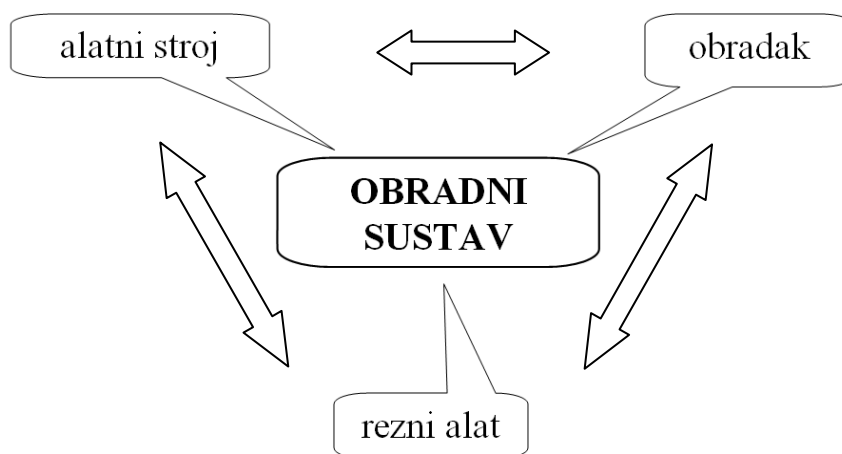


**Authors' data:** Damir, **Ciglar**, Prof.dr.sc., Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, damir.ciglar@fsb.hr ; Toma, **Udiljak**, Prof.dr.sc., toma.udiljak@fsb.hr ; Tomislav, **Staroveski**, dipl. ing., tomislav.staroveski@fsb.hr , Tihomir, **Mulc**, dr. sc., SAS Strojogradnja, Ulica domovinskog rata 1, 23000 Zadar, tihomir@sas-strojogradnja.hr

## 1. Uvod

Industrijska proizvodnja je privredna djelatnost kojom se uz pomoć strojeva prerađuju sirovine u cilju dobijanja gotovih ili polugotovih proizvoda. Svakim je danom utjecaj recesije na privredu i industrijsku proizvodnju sve veći i prisutan je pad bruto domaćeg proizvoda (BDP), odnosno, negativni privredni rast. Istovremeno je uočljivo pogoršanje opće ekonomske klime – pad realnog dohotka, porast nezaposlenosti, pad investicijskih ulaganja te nizak stupanj iskorištenosti proizvodnih kapaciteta. Dakle, neophodno je pokrenuti i razvijati industrijsku proizvodnju, jer ona donosi profit i ima veliki utjecaj na razvoj cjelokupnog društva i pojedinca u nekoj zajednici. Neupitno je da će njen razvoj uzrokovati jačanje i razvoj kako obradnih sustava, tako i jednog od najraširenijih i najzastupljenijih postupaka obrade dijelova – obrade odvajanjem čestica. Obrada odvajanjem čestica sastoji se od niza različitih postupaka kod kojih se od početnog volumena sirovog materijala odstranjuje određena količina materijala u obliku odvojenih čestica, a sve u svrhu izrade odnosno formiranja gotovog konačnog izradka. Kod toga bi glavni ciljevi razvoja tehnologija trebali biti smanjenje troškova, reduciranje potrošnje energije i korištenih resursa u proizvodnim procesima [1].

U postupku formiranju izradka, odnosno u obradnom sustavu koji je dio proizvodnog sustava i procesa, sudjeluju najznačajniji dijelovi kao što su alatni stroj, rezni alat i obradak, slika 1.



Slika 1. Osnovni dijelovi obradnog sustava.

Obradni sustav je suvremen samo ako su i svi njegovi sastavni dijelovi suvremeni. Naime, suvremeni rezni alati ne mogu dati očekivane rezultate kod obrade na starijim alatnim strojevima jer su oni građeni od starih modula. Oni nemaju mogućnost ostvarivanja traženih kataloških režima obrade za te suvremene rezne alate pa je njihova iskoristivost mala, a vrijeme izrade se produljuje i troškovi obrade se povećavaju. Neophodno je zastarjeli alatni stroj zamijeniti novim koji je građen od suvremenih visokobrzinskih i visokodinamičkih modula. Takav suvremeni alatni stroj onda može osigurati modernu i konkurentnu industrijsku proizvodnju [2]. Svi današnji suvremeni alatni strojevi koji se koriste u industrijskoj proizvodnji su numerički upravljani i visoko automatizirani, ali se ipak razlikuju po modulima od

kojih su sastavljeni. Tako na tržištu danas postoje različiti alatni strojevi i njihov pravilan izbor kod nabave je ključan za njihovu daljnju eksploataciju i iskoristivost. Ovaj članak daje pregled trendova razvoja suvremenih alatnih strojeva i njihovih osnovnih modula i može pomoći pri njihovom pravilnom izboru.

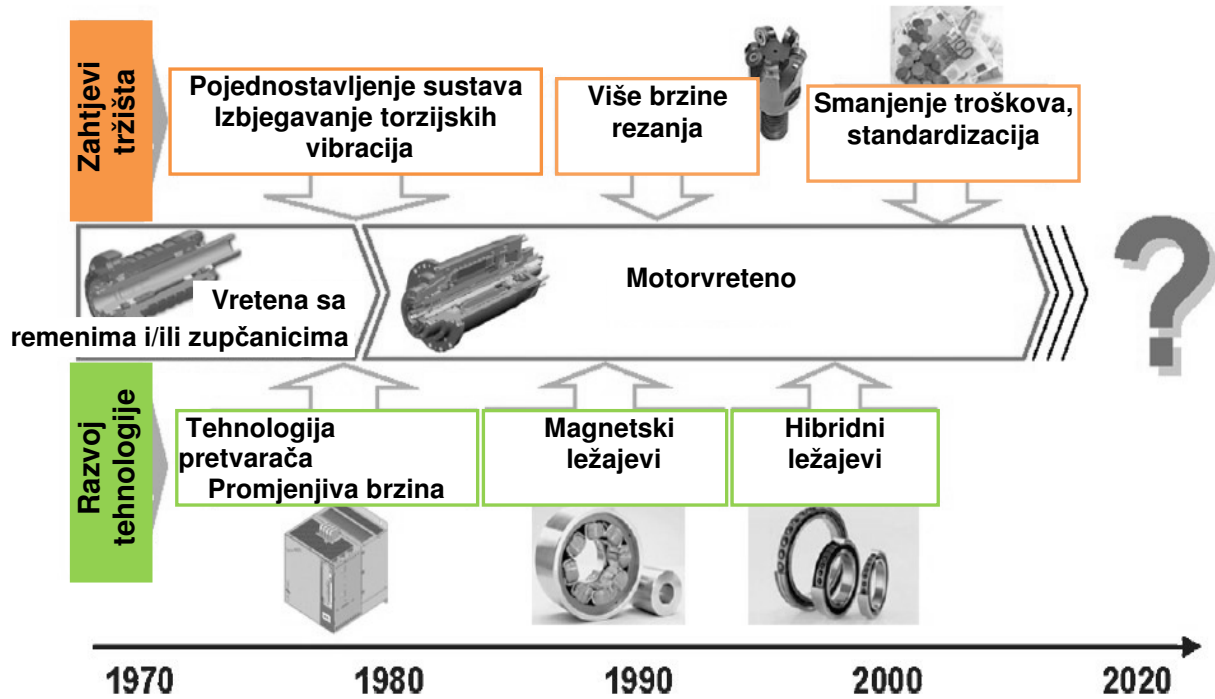
## 2. Suvremeni alatni strojevi

Suvremeni alatni strojevi moraju ispunjavati zahtjeve za kraćim vremenima obrade, većom produktivnošću i većim stupnjem iskorištenja. Uz to moraju udovoljiti zahtjevima za stalnim povećanjem točnosti i kvalitete obrade na njima, te sve strožim zahtjevima očuvanja okoliša.

Trend razvoja današnjih obradnih centara, bilo tokarskih ili glodaćih (TOC ili GOC), je da imaju koncentraciju različitih operacija obrade u jednom stezanju sirovca, tj. mogu obrađivati obradak različitim postupcima obrade odvajanjem čestica s više strana, a cilj je potpuna obrada izradka na jednom obradnom sustavu i u jednom stezanju. Daljnji trend razvoja suvremenih alatnih strojeva je prema njihovoj modularnoj gradnji. Tako danas postoje tokarski obradni centri s modulom za automatsku izmjenu alata, a to je revolveraska glava koja sadržava mirujuće i pogonjene rezne alate. Taj modul je razvijen tako da se s 10 ili češće 12 reznih alata, došlo do 20 reznih alata. Ako kupac procijeni da taj broj reznih alata nije dovoljan za obradu njegovog proizvodnog programa, moguće je naručiti tokarski obradni centar koji ima dvije revolverske glave. Razvoj glodaćih obradnih centara ide u smjeru da se troosni alatni strojevi, na kojima se vrši troosno glodanje, zamijene višeosnim glodaćim obradnim centrima koji omogućuju simultanu višeosnu obradu. Svjetski proizvođači glodaćih obradnih centara, nude na tržištu petoosne glodaće obradne centre, koji se onda opet razlikuju po konstrukcijskom rješenju i ugrađenim modulima. Neki najbitniji moduli su dati u sljedećem poglavlju.

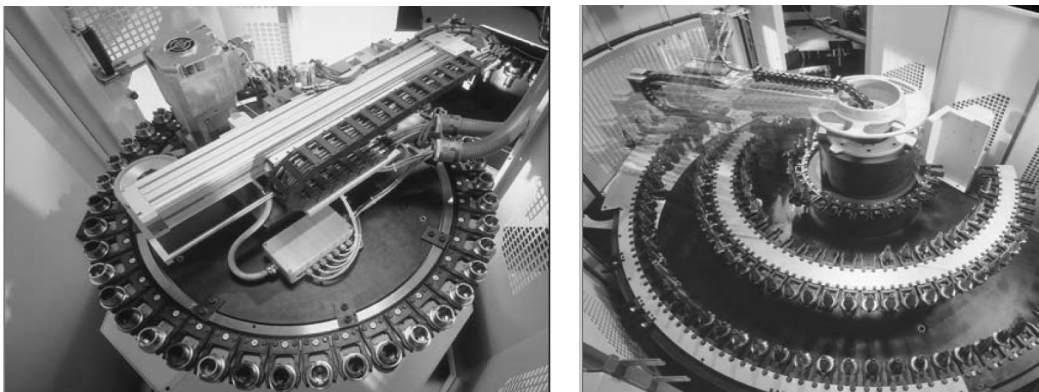
## 3. Moduli suvremenih alatnih strojeva

Modularna koncepcija gradnje suvremenih alatnih strojeva omogućuje i potiče nezavisan razvoj i usavršavanje pojedinih modula, ali nedovoljno razvijeni principi rekonfigurabilnosti i visoki troškovi ograničavaju njihovu primjenu. Naime, podrazumijeva se da će ukupna cijena suvremenog alatnog stroja biti to veća što su skuplji pojedini moduli koji su u njega ugrađeni. Korisnik alatnog stroja mora znati koja će mu namjena biti, i prema tome odlučiti koji alatni stroj i s kojim modulima izabrati. Tako na primjer, jedan od najbitnijih modula alatnih strojeva je prigon za glavno rotacijsko gibanje. Njegova starija izvedba je klasično glavno vreteno vođeno remenima ili zupčanicima, a brzina rotacije mogla se mijenjati samo promjenom prijenosnog omjera ili učestalosti vrtnje pogonskog motora. Potreba za povećanjem produktivnosti i smanjenjem troškova, dovodi do zahtjeva za višim brzinama rezanja, što dalje rezultira razvojem novog modula pod nazivom motorvreteno. Povijesni pregled razvoja tehnologije glavnog vretena i motorvretena, prema [3], prikazan je na slici 2.



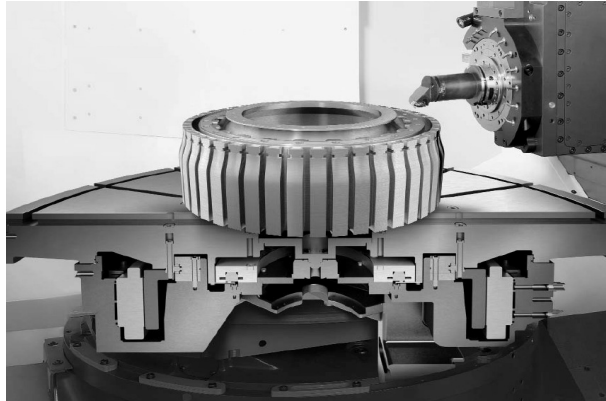
Slika 2. Povijesni pregled razvoja glavnog vretena i motorvretena. [3]

Dok su kroz kasne 1990-te visoke brzine motorvretena bile ostvarive samo korištenjem aktivnih magnetskih ležajeva, kontinuirani razvoj hibridnih ležajeva, podmazivanja, materijala kotrljajućih elemenata i pogonskih motora i pretvarača, omogućio je izgradnju motorvretena koji trenutno ispunjavaju širok spektar zahtjeva tržišta ka velikim snagama i visokim učestalostima vrtnje. Vidljivo je sa slike 2 da je danas velika većina suvremenih alatnih strojeva opremljena s motorvretenima, jer su oni danas postali standardni kupovni moduli koje odlikuju smanjeni troškovi održavanja. Zbog visokog omjera snaga-volumen, potrebno je aktivno hlađenje motorvretena, ali bez obzira na tu nepogodnost, njihova sve češća primjena i ugradnja u suvremene alatne strojeve nije upitna. Ako se želi veća prilagodljivost alatnog stroja suvremenom tržištu, potrebno je da kupac alatnog stroja izabere povećani broj reznih alata u spremištu alata. Zbog toga proizvođač alatnih strojeva Hermle nudi, uz svoje suvremene petoosne glodaće centre, dodatno modularno spremište alata s 43, 87 ili 157 mjesta, slika 3.



Slika 3. Moduli dodatnog spremišta reznoga alata. [4]

Ako kupac alatnog stroja zna da njegov proizvodni program zahtjeva operacije glodanja i tokarenja, potrebno je da na tržištu odabere stroj koji ima tu mogućnost. Naime, petosni glodači centar proizvođača DMG / MORI SEIKI u svojoj paleti proizvoda DMU nudi modul okretnog stola koji je pogonjen Torque motorom i koji omogućava tokarenje dijelova, slika 4. Torque motor je suvremeni modul alatnog stroja koji služi za rotacijsko gibanje, a odlike su mu okretni moment od 7300 Nm, učestalost vrtnje 1200 1/min a na sami radni stol se može stegnuti sirovac mase do 4000 kilograma.



Slika 4. Modul okretnog stola pogonjen Torque motor [5]

#### 4. Zaključak

Na tržištu danas postoje različiti alatni strojevi, kao dio obradnog sustava, i njihov pravilan izbor kod nabave je ključan za njihovu daljnju eksploataciju i iskoristivost. Samo se na suvremenim alatnim strojevima može u potpunosti iskoristiti suvremeni rezni alat, i samo se na takvim strojevima kvalitetno, ekonomično i nadasve konkurentno mogu obrađivati novi materijali od kojih su načinjeni suvremeni proizvodi. Ovaj članak daje kratak pregled trendova razvoja suvremenih alatnih strojeva, posebno tokarskih i glodačkih obradnih centara i njihove osnovne module po kojima se razlikuju. Pri izboru je bitno znati vlastite potrebe i prema njima napraviti pravilan izbor odgovarajućeg alatnog stroja, jer to je prvi preduvjet konkurentnosti na sve zahtjevnijem tržištu.

#### 5. Literatura

- [1] Neugebauer, R.; Bouzakis K.D.; Denkena, B.; Klocke, F.; Sterzing, A.; Tekkaya, A.E. & Wertheim, R. (2011). Velocity effects in metal forming and machining processes, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 60, pp. 627–650, 2011
- [2] Udiljak, T.; Ciglar, D.; Škorić, S.; Staroveški, T. & Mulc, T., (2008). Suvremeni obradni sustavi i tehnologije // *Proceedings of 1st International Conference "Vallis Aurea" / Katalinić, Branko (ur.), str. 0975-0979, Požega, 19.rujna 2008*
- [3] Abele, E.; Altintas, Y. & Brecher, C. (2010). Machine tool spindle units, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 59, str. 781–802, 2010
- [4] <http://www.herml.de/index.php?173> *Pristup: 26-04- 2012*
- [5] <http://us.dmg.com/us,milling,dmccv> *Pristup: 10-05- 2012*



Photo 022. Firehouse / Vatrogasni dom