

## DE LA UNELTE LA MAȘINI-UNELTE

Cornel Ciupan *prof.dr.ing. Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca*  
Emilia Ciupan, *șef lucr. dr. inf. ec. Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca*

**Abstract.** *This paper summarizes the evolution of manufacturing equipment in chronological interconnection with human needs with technical knowledge and technological possibilities. This paper presents the first tools necessary to accomplish basic operations, their development to machine tools and the methods for continuous improvement of the machines, depending on the development of the drive and control systems.*

### 1. Introducere

A produce mai ușor, mai repede, mai mult și mai bine sau, într-un cuvânt, mai eficient a constituit un ideal permanent al oamenilor de pretutindeni. Aceste dorințe i-a făcut să născocască continuu unelte și procese care să le îndeplinească năzuințele. Chiar și oamenii primelor generații de vânători-culegători trebuiau să vâneze mai ușor, să culegă mai repede pentru a trăi mai bine. Acest fapt i-a determinat să-și conceapă diverse unelte și arme primitive, la început din materiale existente în natură, iar apoi din materiale noi, obținute prin diferite procese tehnologice.

Indiferent de tipul lor, uneltele au contribuit decisiv la supraviețuirea și dezvoltarea socială a omului de-a lungul existenței sale. Dacă ne referim la începuturi, atunci producerea de bunuri avea caracter de manufactură, cu semnificația primară a cuvântului, aceea de „*făcut de mână*”. Omul preistoric a învățat să folosească diverse pietre, oase și coarne de animale, a căror formă era avantajoasă, drept obiecte care, mânuite, îl ajutau la vânătoare sau la prepararea hranei. Mai târziu aceste „obiecte” au progresat ca formă și au început să fie realizate în mod conștient și din alte materiale cu proprietăți avantajoase, cum sunt lemnul sau piatra. Datorită durității, granitul a devenit cel mai răspândit material pentru confecționarea topoarelor, vârfurilor de sulită și de săgeți, a fierăstriaielor primitive și a sfredelilor.

Descoperirea și utilizarea metalelor a produs o mutație în confecționarea uneltelor și armelor prin înlocuirea materialelor naturale cu materiale obținute prin procese metalurgice primitive. La început metalele au fost utilizate pentru bijuterii și unelte. Primele metale cunoscute de om au fost cele care se găseau în stare nativă. Oamenii au constatat proprietățile lor superioare pietrei și au căutat posibilități de prelucrare a lor. Poate întâmplător, cu ajutorul unor unelte scăpate în foc, sau prin diverse încercări, oamenii au descoperit că metalele devin moi și maleabile atunci când sunt încălzite.

Odată cu metalele native „*tinerii mineri*” găseau și minerale colorate (malahitul, turcoazul, lazuritul), iar pe urmă au descoperit că prin încălzire cu cărbune de lemn pot obține cupru. Cum aceste minereuri se găseau în cantități mari, s-a început producerea „*industrială a cuprului*”. Bronzul, rezultat al încercărilor de a conferi cuprului o rezistență mai mare, a fost rodul primei tehnologii din metalurgie care a revoluționat omenirea. Bronzul (90%Cu, 10%Sn) este un aliaj care poate fi ușor turnat în forme și care are proprietăți mecanice superioare.

Pentru a-și satisface necesitățile casnice sau de război, oamenii au căutat continuu materiale mai bune, cu duritate superioară. Încercând minereuri diferite și temperaturi înalte, au descoperit fierul. Prelucrarea lui necesita temperaturi ridicate care puteau fi atinse prin utilizarea unor „*instalații de suflat aer*”- foalele.

## 2. Operații de bază și uneltele necesare

Practicarea agriculturii, apariția primelor diviziuni sociale ale muncii, formarea orașelor (cetăților, târgurilor) a produs o concentrare treptată a populației și a restrâns aria de culegere a resurselor. Necesitatea de asigurare a cerințelor fundamentale (hrană și îmbrăcăminte) aduce în fața civilizației umane noi cerințe tehnice: unelte mai performante din materiale mai bune, aparate pentru diverse activități meșteșugărești, mijloace de transport și de lucru.

Realizarea unor mijloace de lucru pentru agricultură (carul, plugul, sapa, coasa, secera etc.), pentru obținerea hainelor (războiul de țesut și celelalte unelte necesare transformării materiei prime în postav sau pânză), pentru măcinarea cerealelor (morile) a fost posibilă numai după realizarea unor unelte care să permită obținerea formei pieselor componente.

Dacă analizăm un car sau un război manual de țesut vom constata că ambele necesită piese delimitate de suprafețe plane sau de revoluție. Dacă „*piesele*” cu secțiuni dreptunghiulară se puteau obține relativ ușor prin despicarea și cioplirea lemnului, piesele de tipul arborilor sau ansamblurile arbore-roată necesitau unelte specializate.

Chiar dacă o secure putea rezolva o bună parte din operațiile primilor „*meșteșugari*”, pentru asamblarea produselor aceștia trebuiau să realizeze găuri. Această nevoie a dus la „*inventarea*” sfredelului.

O piesă de forma unui ax putea fi realizată și printr-un procedeu asemănător sculpturii, dar cu precizia și productivitatea adecvate procedeuului. Dacă analizăm piesele componente ale războiului de țesut din figura 1 se constată că sunt

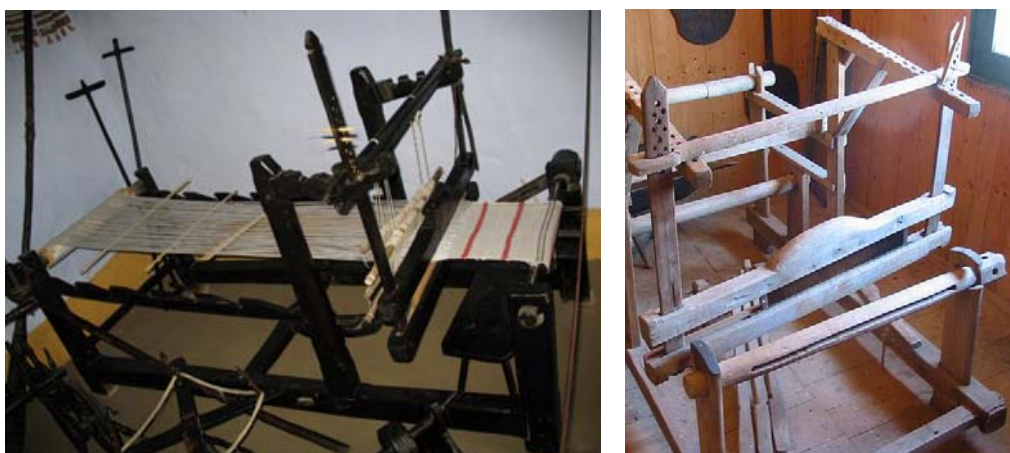


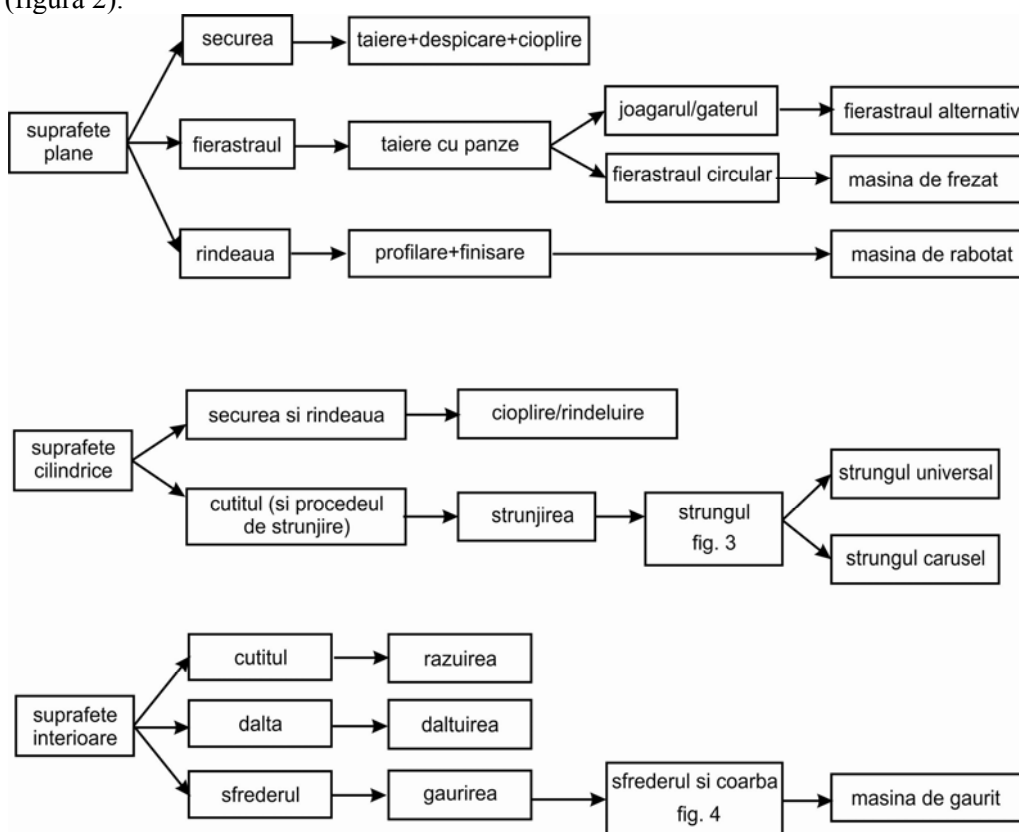
Fig. 1. Războiul de țesut.

necesare următoarele tipuri de piese:

- piese de formă prismatică (cadrul și structura războiului)
- piese de formă cilindrică (axele pe care se înfășoară materialul și pânza)

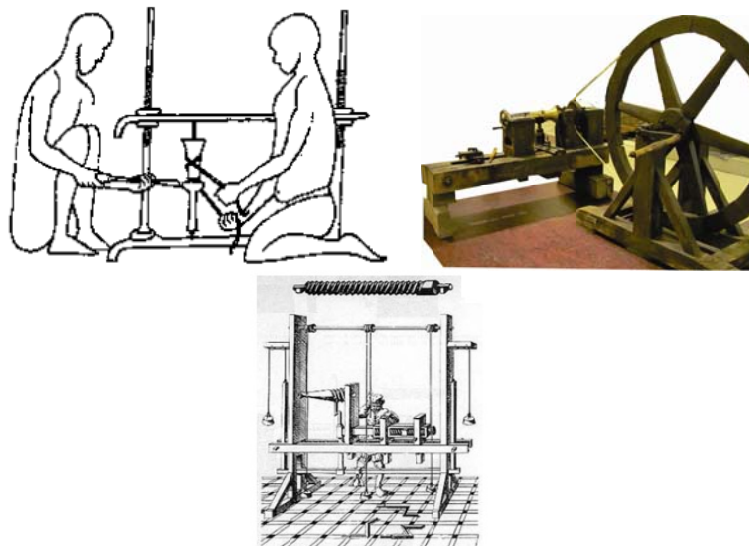
Unele piese sunt prevăzute cu găuri și locașuri pentru asamblare. Analizând piesele necesare pentru realizarea războiului de țesut din figura 1 se constată că sunt necesare piese delimitate de suprafețe plane, piese delimitate de suprafețe cilindrice. Pentru realizarea asamblării, pentru diferite ajustări funcționale și pentru a permite mișcări relative între anumite piese, o parte dintre acestea necesită practicarea unor orificii cilindrice sau prismatice.

Pornind de la nevoia de prelucrare a suprafețelor plane, cilindrice și a locașurilor interioare s-au asociat uneltele, operațiile și mașinile care s-au dezvoltat din acestea (figura 2).



**Fig. 2.** De la nevoi la unelte și mașini unelte.

Performanțele mașinilor unelte au fost și sunt legate de performanțele uneltelor așchietoare. La început uneltele se obțineau prin ciocnirea bucăților de fier meteoritic găsite, dar adevărata epocă a fierului poate fi considerată doar începând cu apariția primului cuptor cu foale, în Europa anilor 1340.



**Fig. 3.** Strunguri cu acționare manuală.



**Fig. 4.** Sfredelul și coarba.

### 3. De la unelte la mașini unelte

Metalurgia fierului a permis obținerea unor unelte variate, a unor mașini primitive, a vehiculelor cu tracțiune animală, îmbunătățirea performanțelor uneltelor agricole, etc. Mașinile erau acționate fie de animale, fie de forța apei, a vântului sau chiar de om. Au fost inventate dispozitive ingenioase cum sunt roțile de moară, presele de ulei sau morile de vânt. Creatorii lor au căutat sporirea forței sau înlocuirea forței manuale de acționare a uneltelor.

Din punct de vedere tehnic, Renașterea a fost o perioadă a progresului continuu, atât în ceea ce privește realizările și performanțele tehnicii, dar și a proporțiilor acestora. Figură emblematică a Renașterii, Leonardo da Vinci (1452-1519) simbolizează speranțele, dar și eșecurile acestei perioade. Pictor renumit, cercetător

pasionat al naturii, inginer, arhitect și inventator talentat, da Vinci a fost un creator care a devansat timpul în care a trăit. Ideile și invențiile sale îndrăznețe au depășit conceptual nivelul tehnic al fabricației contemporane și stau mărturie creativității și ingeniozității spiritului renașcentist.

Mașinile Renașterii erau acționate cu pedală și aveau volant. Troliuri simple utilizate ca mecanisme amplificatoare de forță erau folosite pentru tragerea broșei de ghintuit țevile puștilor. Căutările pentru a obține un strung care să asigure o mișcare de rotație continuă a semifabricatului, au luat sfârșit în secolul al XV-lea, când au apărut strungurile acționate cu mecanism bielă-manivelă și volant, acționate manual, cu piciorul, cu calul sau chiar cu roata de moară.

Revoluția industrială a schimbat uneltele de mână în scule acționate de mașini, iar mașinile primitive acționate manual sau cu piciorul în mașini-unelte. Revoluția industrială s-a declanșat în Anglia cu impetuoșitate, apoi, acțiunea ei a devenit mai pregnantă în coloniile engleze din America de Nord, după care s-a răspândit mai repede sau mai încet, spre toate colțurile lumii.

Procesul perfecționării mașinilor-unelte clasice a durat câteva secole. Strungul, considerat practic drept cea mai veche mașină unealtă, a devenit capabil să strunjească metale abia în secolul al XVII-lea, atunci când a început să fie utilizat de fabricanții de armament, de ceasuri și de instrumente științifice. Acești fabricanți aveau nevoie de prelucrări de precizie, pentru fabricarea arborilor, a roților dințate, pentru realizarea filetelor precise și chiar de finisări prin rectificare.

Construirea unor mașini unelte capabile de prelucrări precise a declanșat și revoluția științifică, afectând profund măsurarea timpului, cercetarea naturii cu instrumente optice și de laborator, arta navigației și a deschis drumul spre fabricația mașinilor unelte industriale ale sfârșitului de secol XVIII și XIX. S-au asigurat în acest fel premisele tehnologice care au creat posibilitatea construirii motorului cu abur a lui James Watt, ca principală sursă de acționare a acestor mașini. Implicațiile sociale ale dezvoltării capacității de producție prin perfecționarea mașinilor unelte a produs concomitent o modificare accentuată în standardul de viață al populației din vestul Europei și nordul Americii.

Strungurile, frezele și mașinile de rabotat nu numai că au constituit echipamentele de bază pentru fabricația unei game largi de produse, dar în același timp au dat posibilitatea întreprinzătorilor să le reproducă și să le îmbunătățească pentru ca productivitatea fabricației să crească continuu. Între anii 1700 și 1800 fabricația se baza pe mici ateliere și fabrici cu capital familial. Puterea de acționare disponibilă era principalul factor care controla progresul tehnologic în revoluția industrială. Apariția motorului cu abur a fost momentul cel mai semnificativ în evoluția surselor de putere și acționare, pentru o perioadă de mai bine de 50 de ani. La început, un singur motor cu abur acționa prin intermediul unui ax principal și a transmisiilor cu curele late, toate mașinile dintr-un atelier.

Nevoia de noi mașini capabile să prelucreze suprafețe plane precise l-a inspirat pe Richard Roberts (Anglia) să inventeze mașina de rabotat, iar pe Eli Whitney (SUA) să inventeze mașina de frezat orizontală (1818).

Interschimbabilitatea pieselor prelucrate se datorează lui Elisha Root, inginerul șef al Colt Armory, SUA. În jurul anului 1835, Root și Samuel Colt reușiseră tehnologizarea fabricației a 300.000 de revolve în diverse variante, cu un semnificativ grad de precizie necesar asigurării interschimbabilității, stabilind astfel lansarea unei noi etape, cea a fabricației de masă. Acest nou concept n-a fost o „*invenție*”, ci mai degrabă un nou mod de abordare a fabricației, superior, care s-a bazat pe realizările existente: materiale metalice mai ieftine, mașini-unelte și instrumente de măsurare mai precise.

Aplicată la început la fabricarea armamentului, interschimbabilitatea s-a extins apoi și la alte produse industriale: ceasuri, lacăte, mașini agricole, mașini de cusut și de scris, biciclete și motoare. Noile metode de producție au fost adoptate mult mai încet în Europa unde, datorită conservatorismului consumatorilor, se preferau produsele realizate pe baza metodelor tradiționale.

În 1840 gama mașinilor unelte pentru prelucrări prin așchiere s-a lărgit prin apariția mașinii verticale de găurit cu avans mecanic (John Nasmyth), iar după încă 15 ani fabricația în masă primea un nou avânt prin apariția strungului cu turelă (Root și Colt).

#### **4. Automatizarea mașinilor unelte**

Marea majoritate a mașinilor unelte destinate fabricației pieselor individuale a fost inventată încă înainte de 1900. Din punct de vedere tehnologic, acestea ofereau capacitatea de prelucrare adecvată fabricației de serie mică și mijlocie, dar calitatea produselor depindea de îndemânarea și ingeniozitatea operatorilor. Această dependență a fost îndepărtată în mod progresiv printr-o automatizare progresivă. Una dintre acțiunile precursoare introducerii ciclurilor de mișcări automate la mașini se datorează lui Thomas Blanchard care a construit un strung de copiat pentru lemn în 1820 destinat prelucrării paturilor de pușcă și înlocuirii lucrului manual. Deși la început productivitatea acestuia era de două piese pe oră, prin perfecționări ulterioare s-a ajuns la 10 piese pe oră.

Un moment de referință în automatizarea mașinilor unelte constă în introducerea unui suport informațional rigid, arborele cu came, de către Spencer. Mașina automată a lui Spencer, folosită pentru fabricația șuruburilor, piulițelor și a altor piese de gabarit mic în cantități mari, era un strung cu turelă echipat cu un arbore cu came. Camele acționau pârghiile care modificau poziția turelei și provocau avansul sculelor. Această mașină a avut un impact major asupra productivității, oferind și o oarecare flexibilitate de „*programare*”, prin schimbarea camelor.

Marele dezavantaj al mașinilor automate și semiautomate de la începutul secolului XX era lipsa preciziei ridicate și, mai ales, lipsa flexibilității, caracteristici importante pentru a satisface o piață din ce în ce mai pretențioasă. Acest dezavantaj a fost înlăturat prin apariția mașinilor cu comandă numerică (NC) și a tehnologiilor noi de fabricație asociate utilizării acestor noi tipuri de mașini.

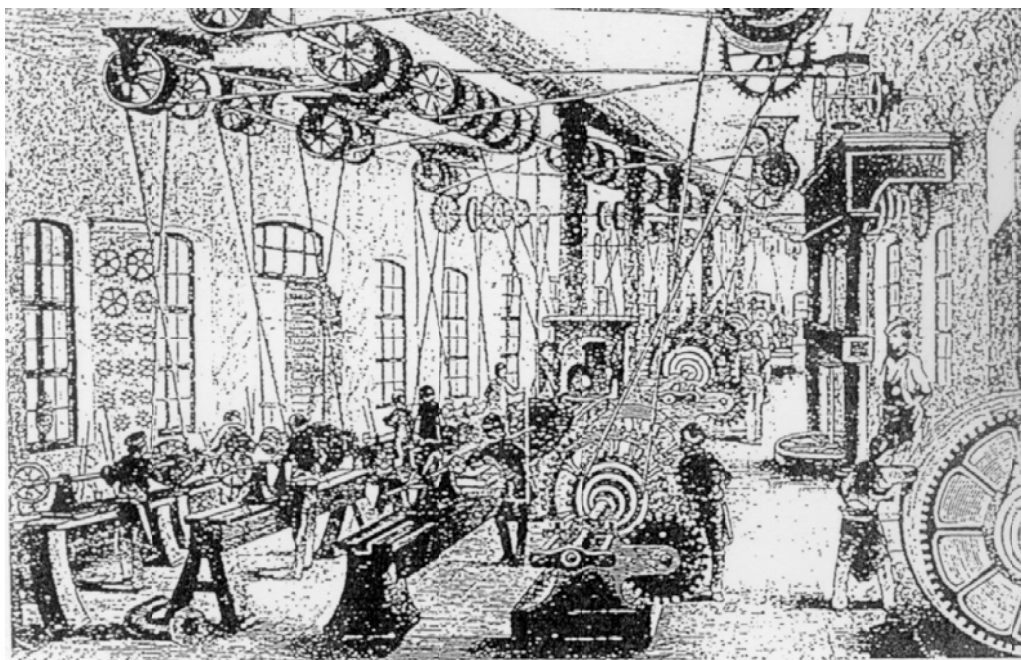
Producerea industrială a curentului electric aduce un nou tip de motor pentru mașinile unelte. Motoarele electrice au adus lanțurilor cinematice acționate turații mari

și puteri corespunzătoare procesului. Acționarea electrică a oferit posibilitatea de a utiliza, pentru fiecare mașină sau chiar pentru fiecare mișcare din structura mașinii, motoare independente.

Apariția motoarelor electrice a schimbat atât performanțele, cât și aspectul fabricilor și al mașinilor. Dacă înainte un singur motor acționa o întreagă fabrică (fig. 5), după apariția curentului electric, s-au conceput mașini unelte echipate cu propriile lor motoare.

Trecerea de la acționarea în sistem centralizat la acționarea individuală s-a făcut treptat. La început s-au înlocuit motoarele cu aburi sau cu combustie internă cu motoare electrice mari, care acționau întreaga hală, apoi s-au amplasat motoare lângă fiecare mașină, după care acestea au fost atașate mașinilor și ulterior integrate în acestea.

Utilizarea curentului electric a permis realizarea unui salt uriaș și la nivelul sistemelor automate de comandă, fără de care comanda numerică ar fi fost imposibilă.



**Fig. 5.** Acționarea în sistem centralizat (1850)

Dezvoltarea modernă a mașinilor unelte de tip NC a început între 1948-1949. Cea mai relevantă contribuție a fost adusă de Aviația Militară Americană, care dorea mașini unelte performante pentru industria aeronautică, mașini capabile să prelucreze piese de complexitate ridicată, mai ieftin, mai rapid și cu precizie sporită față de mașinile convenționale. Sub conducerea companiei John Parsons și a Laboratorului de Servomecanisme de la Massachusetts Institute of Technology (MIT), primele modele de mașini de frezat au fost testate începând cu 1951, iar în septembrie 1952 mașina experimentală, produsă de Cincinnati Milling Machines, a fost prezentată public. Noua

tehnologie, NC, a introdus un înalt nivel de independență pentru operator, deschizând practic calea spre sistemele automate de fabricație.

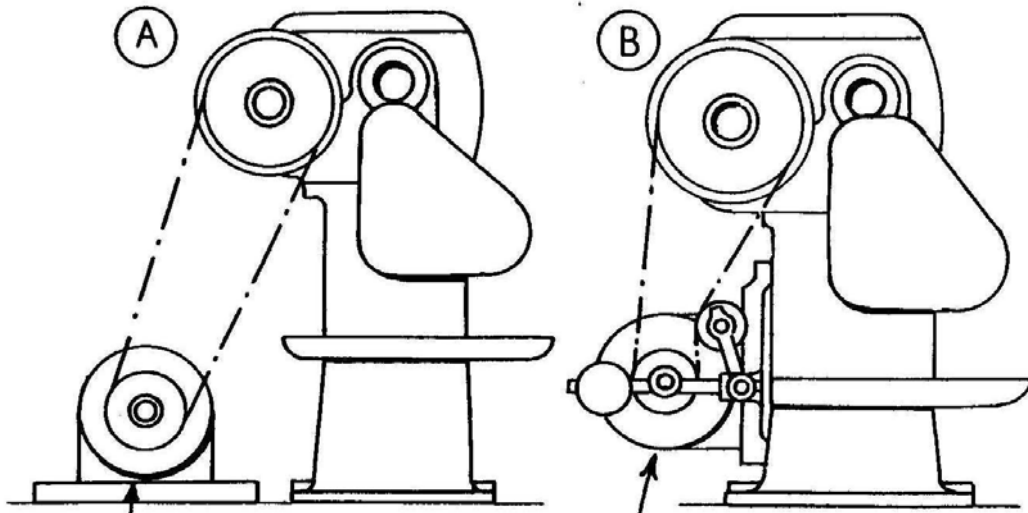


Figura 6. Trecerea la acționarea cu motoare electrice

## 5. Concluzii

Trecerea de la unelte la mașini unelte și evoluția continuă a echipamentelor de fabricație a fost motivată de nevoile și idealurile oamenilor de a produce mai repede și mai bine, de a obține mai ușor bunurile necesare. De aici și dorința continuă de automatizare a mașinilor, de creștere a vitezei de așchiere și a vitezei de avans și a preciziei. Apariția motoarelor, în special a celor electrice, nu a fost suficientă pentru intensificarea regimurilor de așchiere. Odată cu descoperirea unor materiale noi pentru scule, capabile să confere acestora stabilitate la temperaturile generate în timpul procesului de așchiere, a fost posibilă intensificarea regimului de așchiere.

Dacă la apariția oțelurilor carbon pentru scule vitezele de așchiere erau de ordinul a 10 m/min, cu durabilități ale sculelor așchietoare de circa 60 minute, astăzi există mașini care lucrează cu viteze de așchiere de până la 1000-1500 m/min și cu viteze de avans de 80-100 m/min.

### *Bibliografie*

1. **Balan Șt. și col.** Dicționar cronologic al științei și tehnicii universale. Editura Științifică și Enciclopedică, București 1979.
2. **Ciupan C., Julean D., Galiș M.** Istoria tehnicii și design în context. Editura UTPres, Cluj-Napoca, 2002.
3. **Derry, T.K., Williams, T.I.** A short History of Technology, Oxford University Press, 1975.