

# ASPECTE SPECIFICE ȘI TENDINTE ACTUALE IN CONSTRUCȚIA MAȘINILOR-UNELTE CU COMANDĂ NUMERICĂ DE ULTIMĂ GENERAȚIE

RECE LAURENȚIU prof.univ.dr.ing. UTCB Facultatea de Utilaj Tehnologic  
SOARE GHEORGHE prof.univ.dr.ing. UTCB Facultatea de Utilaj Tehnologic

**Abstract:** In this paper we show some aspects of numerical control programming of new generation of machines-tools and presents tendencies in activities of NC programming.

## 1. INTRODUCERE

Dezvoltarea pe plan mondial a sistemelor de comandă numerică, lărgirea continuă a capabilităților de prelucrare -în special din punct de vedere al generării suprafețelor complexe în plan și în spațiu-, creșterea gradului de automatizare, au condus inevitabil la creșterea complexității sistemelor de comandă ale mașinilor și implicit la creșterea complexității activității de programare a comenzii numerice.

A apărut astfel necesitatea dezvoltării unor facilități în concepția comenzilor MUCN și în sistemele de programare, menite să simplifice activitatea de realizare a programelor, micșorarea timpilor de pregătire a fabricației și creșterea siguranței în exploatare a acestor echipamente.

## 2. GENERALITĂȚI PRIVIND NOILE SISTEME DE COMANDĂ NUMERICĂ – PREZENTARE GENERALĂ A MAȘINII DE FREZAT VERTICALE CU COMANDĂ NUMERICĂ HAAS TM-1

În acest articol nu tratăm aspectele generale privind programarea și comanda numerică a MUCN, acestea fiind descrise pe larg în literatura de specialitate inclusiv în lucrări din bibliografia anexată, aflate la dispoziția studenților v. [1], [2], ci aspecte specifice ale construcției și comenzilor sistemelor HAAS, sisteme de ultimă generație aflate în dotarea Laboratorului de Mașini-unelte și Tehnologia fabricării, din Facultatea de Utilaj Tehnologic - UTCB.

Firma *Haas Automation Inc.* din SUA reprezintă una dintre companiile cu o dezvoltare remarcabilă în ultimii ani și principal competitor pe piața mondială a producătorilor de mașini-unelte cu comandă numerică. Fondată relativ recent, în 1983 în California, *Haas Automation Inc.* a reușit să ocupe în scurt timp de la apariție o mare parte din aria de acoperire a fabricației de mașini-unelte cu comandă numerică, sisteme flexibile de fabricație și roboți industriali, datorită calității produselor, fiabilității ridicate, costurilor reduse și a unei concepții novative în ce privește interacțiunea om-mașină, comanda și controlul procesului de fabricare.

Direcțiile prioritare de dezvoltare ale companiei s-au canalizat după 1987, când fabricația a fost orientată către realizarea de centre de prelucrare verticale - vertical machining centers (VMCs) – și centre de prelucrare orizontale - horizontal machining centers (HMCs) – sisteme de fabricare cu comandă numerică capabile să execute prelucrări complexe în spațiu de frezare, găurire, filetare și alezare.

Din gama de mașini de frezat verticale - care cuprinde peste 10 tipuri de produse, mașina HAAS TM-1 (fig.1) este una dintre mașinile cu cel mai bun indicator calitate preț, având facilități multiple de prelucrare, flexibilitate a comenzii inclusiv prin capacitate de utilizare a comenzii numerice directe și a programării numerice simplificate precum și multiple opționale în ce privesc utilizarea interfețelor complexe, inclusiv a modulelor de simulare și training în rețea.

Gabaritul mașinii este mediu  $L \times l \times H = 1830 \times 1620 \times 2220$  mm, greutatea complet echipată de 1430 kg., cursele  $OX \times OY \times OZ$  sunt de  $30'' \times 12'' \times 16''$  ( $762 \times 305 \times 406$ ) mm – fiind optime atât pentru prelucrări curente cât și pentru aplicații practice și învățare. Opțional mașina poate fi dotată cu magazin de scule cu schimbare automată rapidă comandată numeric, cu 10 locașuri – suficiente pentru prelucrările uzuale - și interfețe pentru a IV-a și după caz a V-a axă pentru prelucrarea pieselor complexe în spațiu care transformă mașina într-un centru de prelucrare.



Fig. 1. Mașina de frezat HAAS TM-1 cu comandă numerică

Semnificativ este faptul că firma utilizează același modul de comandă (fig.2) pentru toată gama - de altfel foarte diversificată de produse- acesta fapt fiind un avantaj privind nu atât interschimbabilitatea și standardizarea componentelor cât mai ales facilitățile privind trainingul, care se poate face unitar.

Modulul de comandă conține mai multe zone după cum urmează:

- Zona I.: comanda manuală – comutatoare / contactoare și reglaje game de viteze/avansuri
- Zona II.: display afișare LCD
- Zona III : tastatură programare comandă numerică

În zona I se realizează pornirea/oprirea generală a mașinii dar și reglarea printr-un sistem demultiplicator de rație 1/10 a valorilor pentru viteze și turații față de valorile nominale sau maxime admise. Aceasta se face din rațiuni de siguranță, pentru apropieri sculă/piesă controlate pentru evitarea intrării în coliziune.



Fig. 2. Modulul de comandă general HAAS

De altfel, ca sistem de protecție HAAS echipează opțional mașinile cu limitatoare de sarcină care sezizează chiar acest aspect care se dorește a fi evitat și anume intrarea accidentală în coliziune.

Zona II – de afișare, (fig.3) permite atât afișarea pe display a coordonatelor instantanee în mișcarea relativă sculă / piesă, a parametrilor regimului de lucru utilizați cât și listarea conținutului programului și a instrucțiunii aflate în execuție, precum și a celei care urmează.

Se pot edita de asemenea conținutul altor programe aflate în memorie, se poate vizualiza starea mașinii din punct de vedere al încărcării cinematice, se pot obține instrucțiuni ajutătoare relative la eventualele mesaje de avarie sau eroare, caracteristicile sculelor etc.

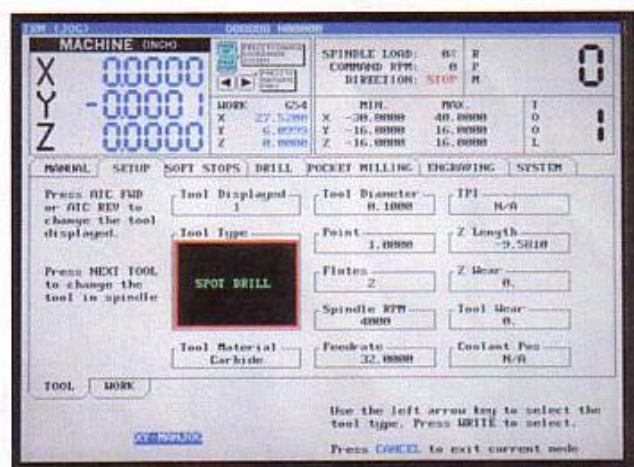


Fig. 3. Ecran de lucru HAAS

Zona III - pupitrul de comandă, cuprinde totalitatea componentelor necesare “conversației” om-mașină și conține 9 module după cum urmează (fig. 4):

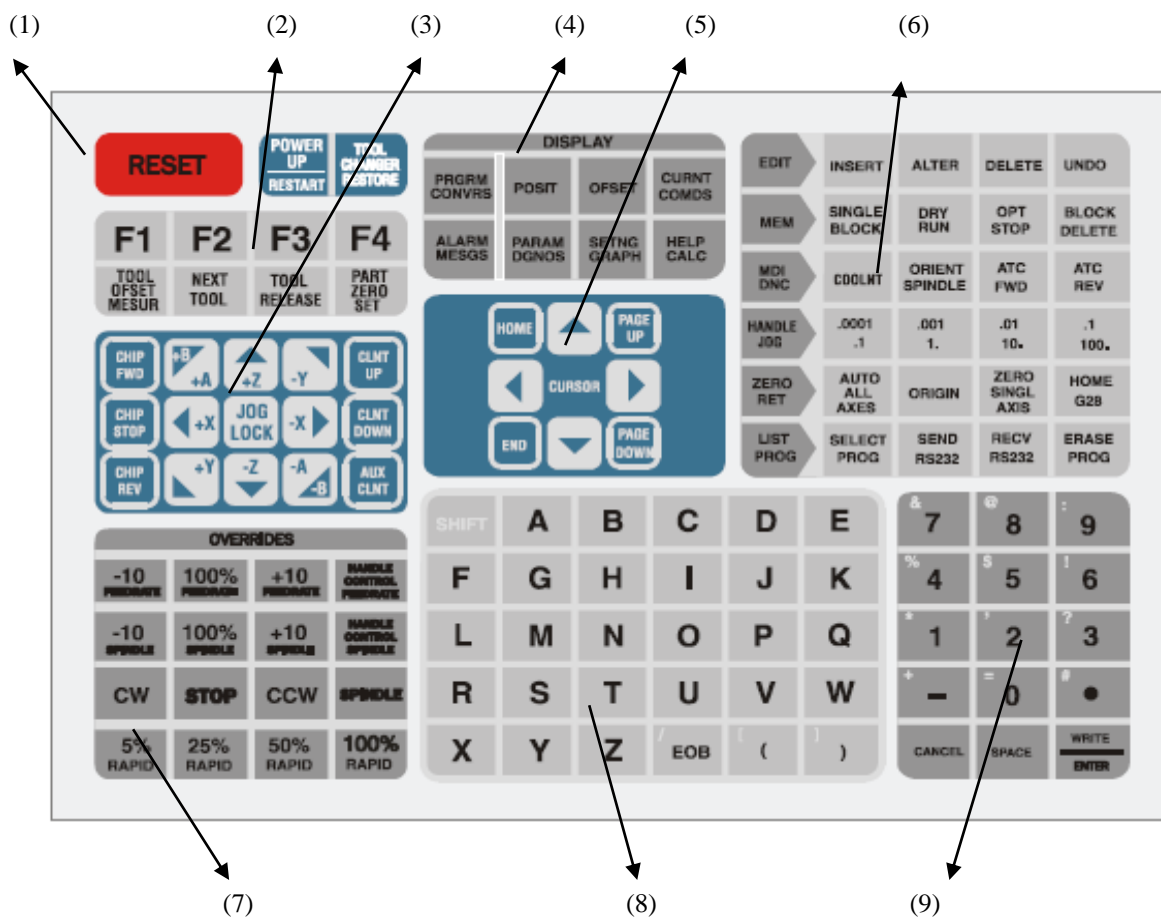


Fig. 4 Pupitrul de comandă HAAS

**Modulul 1.** **RESETARE** cuprinde cele 3 taste din figură utilizate astfel: prima pentru resetarea propriuzisă (se intrerup toate mișcările iar programul se reia de la început), a doua

pentru operația de pornire (va realiza implicit și vizualizarea programului) iar a treia pentru schimbarea sculei (se derulează și un dialog om – mașină referitor la această operațiune).

**Modulul 2** **TASTE FUNCTIONALE**: Dintre cele 8 taste funcționale, tastele F1- F4 sunt tastele folosite pentru editare, grafica, editare în fundal și respectiv ajutor de calcul; Următoarele 4 taste coordonează: memorarea parametrilor sculei în timpul reglării, schimbarea sculei în vederea reglării, eliberarea sculei și respectiv preluarea automată a punctului de zero al piesei în timpul reglării.

**Modulul 3** **DEPLASĂRI (JOG)**: Cele 15 taste utilizate aici selectează axele și direcțiile pe care se execută deplasarea comandată de semnalele trimise de roata de mână. Dacă este selectată o axă cu semnul (+) atunci mișcarea este făcută de organul mobil pe axa respectivă astfel încât modificarea poziției sculei față de sistemul de coordonate să se facă în sens pozitiv, indiferent dacă mișcarea a fost făcută de către sculă sau de către piesă. (La anumite deplasări organul mobil este reprezentat de sculă, iar la altele de către piesă, sau mai precis de către masa/săniile mașinii unelte). Pentru evitarea eventualelor confuzii care pot conduce la coliziuni, se recomandă să se considere piesa fixă și să se analizeze mișcarea relativă sculă/piesă în consecință, ținându-se cont de semnele acestei mișcări. Analog pentru selectarea axei cu semn (-). Tastele ajutoare cuprinse în același modul 3 **CHIP/FWD/STOP/REV** și respectiv **CLINT/UP/DOWN/AUX** comandă deplasări controlate pentru eliminatorul de șpan și respectiv pentru duzele de răcire

**Modulul 4** **AFIȘARE**: Tastele de afișare permit accesul la diferite afișari legate de funcțiile de lucru. Majoritatea au funcții multiple astfel: **PROGRAM/CONVRS** afișează programul curent și (la a doua apăsare) cel conversațional; **POSIT** afișează pozițiile axelor; **OFFSET** indică dimensiunile sculelor; **CURNT COMDS** afișează comenzile în curs de execuție; **ALARM** **MESGS** pentru mesajele de alarmă; **PARAM DGNOS** pentru posibilitățile de modificare ale parametrilor mașinii; **SETNG GRAPH** pentru posibilitățile de modificare ale setărilor mașinii; **HELP CALC** oferă atât o versiune prescurtată a manualului de utilizare cât și – la a doua apăsare- un calculator științific pt calcule ajutoare.

**Modulul 5** **TASTE CURSOR**: Cele 8 taste facilitează deplasarea cursorului pe ecran – lipsind mouseul- și în plus prin comenzile **HOME**, **ARROW/LEFT/RIGHT/DOWN/UP** se permite editarea programelor.

**Modulul 6** **MODURI DE LUCRU**: HAAS oferă 6 moduri de lucru – **EDIT**, **MEM**, **MDI/DNC**, **HANDLE JOG**, **ZERO RET** și **LIST PROG**. Fiecare dintre cele 6 moduri de lucru se activează prin apăsarea tastei respective, acțiune ce generează deschiderea celor 4 opțiuni proprii, specifice modului de lucru activat. Modul de lucru **EDIT** este modul editor și permite inserarea sau ștergerea de texte în memorie ( opțiunile **INSERT – DELETE** ), precum și acțiuni complementare de revenire (**UNDO**) etc. Modul de lucru **MEM** permite lucrul în regim de urmărire de siguranță a programului din memorie bloc cu bloc ( opțiunea **SINGLE BLOCK** ), simulare fără prelucrare (DRY RUN), oprire opțională ( **OPT STOP** ), ignorare de blocuri (opțiunea **BLOCK DELETE** care în fapt nu șterge blocurile dar ignoră acele blocuri marcate cu simbolul: / ). Modul de lucru **MDI/DNC** comandă operațiuni ajutoare privind pornirea sau oprirea lichidului de așchietre ( opțiunea **COOLNT** ), orientează unghiular arborele principal ( **ORIENT SPINDLE** ) mișcare înainte sau înapoi a magazinului de scule ( **ATC FWD** / **ATC REV** ). Modul de lucru **HANDLE JOG** selectează operațiunile de deplasări manuale, cu rațiile 0.1 , 0.01, sau 0.001 din valoarea pe increment a roții de mână. Se poate astfel demultiplifica de 10 până la 1000 de ori valoarea inițială. Modul de lucru **ZERO RET** permite deplasări în punctul de zero astfel: opțiunea **AUTO ALL AXES**

comandă deplasarea în punctul de zero al tuturor axelor active. Opțiunea ORIGIN aduce la zero afișările. **ZERO SINGLE AXIS** provoacă deplasări pentru determinarea punctului de referință a axei selectate, iar la HOME G28 deplasarea se face la originea absolută a mașinii-unelte. În sfârșit, al șaselea mod de lucru **LIST PROG** permite așa cum sugerează și denumirea, listarea și selectarea de programe. Opțiunea principală **SELECT PROG** selectează programul dorit din lista de programe, iar opțiunile complementare SEND RECV și ERASE comandă trimiterea, primirea și respectiv ștergerea programului.

**Modulul 7 **VERRIDE**** Este un modul ce permite modificarea vitezelor de avans (opțiunea **FEED RATE**) și a vitezelor principale (sau turațiilor cu opțiunea **SPINDLE**) cu o rație pozitivă sau negativă de 10% la fiecare apăsare a tastei. De asemenea în **VERRIDE** se setează sensul de rotație a arborelui principal, sensul orar fiind dat de opțiunea **CW**, iar cel antiorar de opțiunea **CCW** precum și valori fragmentare ale vitezei de avans rapid pentru deplasări de poziționare ale organului mobil, cu valori de 5%, 25%, 50% sau 100% din valoarea maximă a avansului rapid pe care îl poate furniza mașina-unelte.

**Modulele finale 8 – 9 **TASTE ALPHA****  
- **NUMERIC**. Sunt modulele tastelor

alfanumerice prin care se poate edita sau introduce conținutul unui program direct de la tastatură. În mod obișnuit programul se realizează separat pe modulul de simulare al mașinii (fig.5) care permite desfășurarea activității de programare în paralel cu executarea altor operațiuni de către MUCN. În acest fel se utilizează mașina la întreaga capacitate, se elimină timpii morți în care nu ar avea loc prelucrare ci numai programare și în plus se verifică corectitudinea programului prin simularea grafică a prelucrării.

Simulatorul are aceeași schemă constructivă ca și panoul de comandă al mașinii, utilizează aceleași tipuri de ecrane de lucru (fig. 6) și asigură atât facilitățile legate de întocmirea și transmiterea programului către mașina-unelte cât și cele legate de activitățile de training. Simulatorul poate lucra independent având sursă de alimentare proprie și echipament de comandă numerică individual – caz în care programul se transmite pe disketă către mașină - sau poate lucra în rețea cu mașina, având chiar facilități pentru transmiterea datelor inclusiv pe Internet.



Fig. 5 Simulatorul de comandă numerică HAAS.

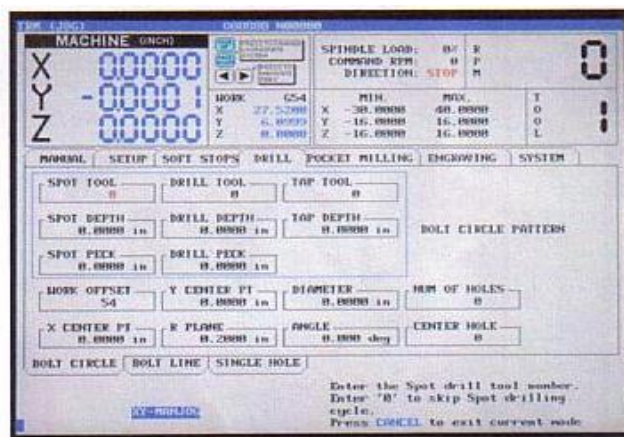


Fig. 6 Ecran de lucru simulator HAAS

### 3. CAPABILITĂȚI DE PRELUCRARE ALE MAȘINII DE FREZAT VERTICALE CU COMANDĂ NUMERICĂ HAAS TM-1

Se prezintă în continuare câteva scheme de generare ale mașinii de frezat echipată cu comandă numerică HAAS TM-1 aflată în dotarea Laboratorului de Mașini-unelte și Tehnologia fabricării,

din Facultatea de Utilaj Tehnologic, scopul prezentării fiind acela de a se evidenția capabilitățile de prelucrare ale mașinii utilizând SDV-urile din dotare.

În schema constructivă de echipare normală, mașina poate prelucra piese cu configurație complexă în varianta de generare 2 ½ D, variantă în care forma complexă se obține prin parcurgerea de către sculă a mai multor circuite de prelucrare în plane suprapuse v. lucr [1], cap 6 pg. 174 – 201. Această variantă este aplicabilă la piesele la care accesul la suprafețele de prelucrat se poate face dintr-o singură direcție și anume: de sus (în cazul mașinilor de frezat verticale) sau din lateral (în cazul mașinilor de frezat orizontale). Câteva astfel de piese –din categoria matrițelor- sunt prezentate în fig. 7.



**Fig. 7 Forme de piese –din categoria matrițelor- prelucrabile pe HAAS TM-1 în schema de generare 2 ½ D**

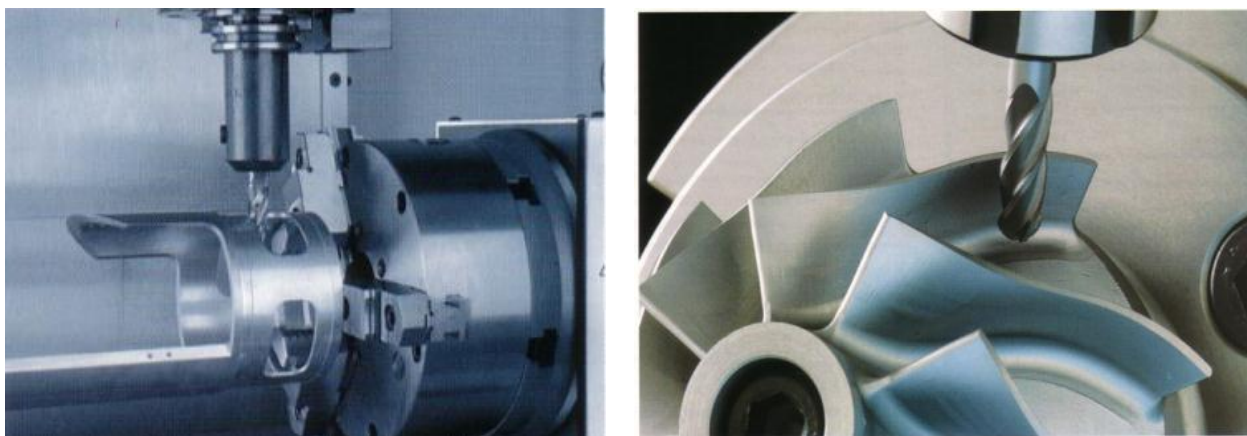
Pentru piesele la care accesul sculei nu este posibil după o singură direcție – piese cu axe încrucișate, piese cu suprafețe complexe dezvoltate unghiular etc -, este necesară fie utilizarea centrelor de prelucrare cu 4 sau 5 axe – variantă evoluată dar în același timp destul de costisitoare -, fie dotarea mașinii-unelte cu încă una sau două axe comandate numeric, lucru care se face prin dotarea cu mese sau capete divizoare CN. Această a doua variantă este preferată de majoritatea fabricanților deoarece investiția pe care o presupune privind dotarea cu mese sau capete divizoare comandate numeric reprezintă mai puțin de 10% din cea pe care o presupune dotarea firmei respective cu centre de prelucrare. În plus efectul este că prin aceasta se transformă practic mașina existentă într-un centru de prelucrare cu comandă numerică și cu posibilități de generare a suprafețelor complexe în spațiu teoretic nelimitate.

În fig. 8 este reprezentată o masă divizoare cu ax orizontal a firmei HAAS. Pentru creșterea capabilității de prelucrare și pentru “aducerea” unei axe în plus, axa mesei trebuie să nu se confunde cu axa arborelui principal, motiv pentru care la mașinile de frezat cu ax vertical masa divizoare va avea axul orizontal. Poz (1) este placa de bază cu care se fixează pe masa MUCN, (2) este platoul rotativ care poate fi dotat și cu universal autocentrant, (3) rulmentul de sprijin, (4-5) mecanismul demultiplicator de acționare melc/roata melcată iar (6) echipamentul de comandă numerică al mesei, care permite atât poziționarea unghiulară cât și coordonarea mișcărilor de avans ale sculei cu cele de rotație ale piesei



**Fig. 8. Masă divizoare HAAS comandată numeric ( a IV-a axă)**

Efectul în creșterea capabilității masinii este arătat în fig 9.a și b prin exemplificarea prelucrării pieselor cu axe încrucișate sau complexe în spațiu folosind a IV-a axă comandată numeric.



**Fig. 9 a și b Prelucrarea pieselor cu axe încrucișate sau complexe în spațiu, folosind a IV-a axă comandată numeric**

Se remarcă multitudinea de posibilități de generare, masa divizoare cu mișcare comandată numeric oferind facilitățile de generare în spațiu controlată *on line* prin compunerea mișcărilor sculei după cele 3 axe (OX, OY, OZ), cu cele ale piesei, după axa de rotație a mesei divizoare, devenită astfel a IV-a axă a mașinii.

#### **4. CONCLUZII.**

În acest articol s-au prezentat informativ aspecte specifice ale construcției și comenzilor comune sistemelor de comandă pentru mașini-unelte echipate cu comandă numerică HAAS, sisteme de comandă numerică de ultimă generație. Au fost evidențiate din gama de mașini de frezat verticale mașina HAAS TM-1 care este una dintre mașinile cu cel mai bun indicator calitate preț, având flexibilitate a comenzii numerice și multiple facilități de prelucrare și în ce privesc utilizarea interfețelor complexe, inclusiv a modulelor de simulare și training în rețea. S-au prezentat pe scurt modulele principale de comandă împreună cu principalele funcții de comandă și opțiunile de utilizare.

#### **5. BIBLIOGRAFIE.**

- [1] Rece, L.,- „Mașini-unelte și prelucrări mecanice cu comandă numerică” –curs universitar, Editura Conspres București 2003
- [2] Rece, L., Soare, Gh., - „Mașini-unelte și prelucrări mecanice – ghid tehnologic și îndrumar de laborator” Editura Matrix Rom, Bucuresti, 2003.
- [3] Rusu, S., Ionescu, T., Dragomir, Gh., Dima, C., Tache, Gh., Rece, L., Aramă, St., - "Tehnologia fabricării mașinilor și utilajelor pentru construcții", Editura Tehnica, București 1990.
- \*\*\* - „HAAS Automation Inc. CE Toolroom Mill”, documentație de firmă, 2006.
- \*\*\* - „HAAS Automation Inc.- Operator’s Manual”, documentație de firmă, 2006.