



# FREZELEME İŞLEMİNDE MOTOR GÜCÜNÜN VERİMLİ KULLANIMINA ESNEK BİR YAKLAŞIM

**Faruk MENDİ, Hüdayim BAŞAK**

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, Ankara

Geliş Tarihi : 10.12.1998

## ÖZET

Bu çalışmada, alın freze tezgahında, çeşitli malzemelerin, kullanıcı tarafından belirlenen işleme şartlarında işlenmesi durumunda, elde bulunan çeşitli motor güçlerindeki alın freze tezgahlarını verimli bir şekilde kullanılabilmesine olanak sağlayacak kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değerlerinin elde edilmesini sağlayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Örnek olarak St 37 malzemesinin talaş derinliği ( $a$ ), kesme hızı ( $V_c$ ) ve tezgah gücüne bağlı eğrileri verilmiş ve bu eğriler sayesinde kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) seçiminde esnek davranarak, alın freze tezgahının en verimli motor gücünde kullanılması hedeflenmiştir. Kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değişiminin verim üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Frezeleme işlemi, Tezgah motor gücü

## A FLEXIBLE APPROACH TO THE BENEFICIAL USE OF MACHINING POWER IN MILLING PROCESS

### ABSTRACT

In this study, a computer program has been developed to calculate the cutting speed ( $V_c$ ) and depth of cut ( $a$ ) under certain cutting condition which will be determined by the user for making maximum use of the various milling machines used presently. In the scope of the study, data related to the cutting speed ( $V_c$ ) and depth of cut ( $a$ ) of St 37 Steel and powers of the machine have been obtained. The aim is to make maximum use of the machines by choosing cutting speed ( $V_c$ ) and depth of cut ( $a$ ) with the help data. The effect of changes in cutting speed ( $V_c$ ) and depth of cut ( $a$ ) on productivity has been studied.

**Key Words :** Milling process, Machining power

## 1. GİRİŞ

Takım tezgahlarında çeşitli boyut ve şekildeki parçaların üretimi için iş parçasından talaşın bir kesici vasıtasıyla ayrılması gerekir. Kesici takım, iş parçasından talaş kaldırırken çeşitli kuvvetler meydana getirir. Bu kuvvetler tezgah motor gücü tarafından karşılanır. Oluşan kuvvetlerin meydana getirdiği güç, tezgah motor gücüne ne kadar yakın olursa, tezgah motor gücü o kadar maksimum düzeyde kullanılmış olur. Talaş kaldırma esnasında meydana gelen kuvvetlerin ölçülebilmesi veya teorik olarak hesaplanabilmesi, tezgah üreticileri için,

takım tezgahlarında gerekli motor gücü hesaplamalarında ve takım tasarımında gereklidir.

Alın frezelemede, takım eksenine işlenen yüzeye diktir. Kesme, esasen takım dişlerinin yan kenarı ile gerçekleşir. Bu bakımdan frezenin yerleştirme açısı ( $\delta$ ) çok önemlidir. Frezenin konumu işlenen yüzeyin B genişliğine göre simetrik veya asimetrik olabilir. Simetrik frezelemede parça genişliği ( $B$ ), çakı çapı ( $D$ )'na eşit olduğu durumda işlem tam kavrama ile gerçekleşir (Akkurt,1991).

Bu çalışmada, yapılan hesaplamalar ve bulunan grafikler simetrik frezelemeye göre yapılmıştır.



$$F_{cz(ort)} = \frac{k_s \times B \times Sz \times \sin \delta}{\varphi_2 - \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin dy \quad (6)$$

$$F_{cz(ort)} = \frac{k_s \times B \times Sz \times \sin \delta}{\varphi_2 - \varphi_1} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$$

burada

$$\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2 = \frac{2 \times B}{D} \quad (7)$$

olduğundan, bir dişe gelen ortalama kesme kuvveti aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F_{cz} = k_s \times B \times h_{ort.} \times k_\gamma \times k_v \times k_u \quad (N) \quad (8)$$

Ortalama talaş kalınlığı;

$$h_{ort} = \frac{2 \times Sz \times \sin \delta \times B}{(\varphi_2 - \varphi_1) \times D} \quad (mm) \quad (9)$$

Frezeleme işlemi esnasında aynı anda kesme işlemi yapan diş sayısı;

$$\phi_1 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2 \times \pi} \quad (adet) \quad (10)$$

Toplam esas kesme kuvveti;

$$F_{c(top.)} = k_s \times B \times h_{ort} \times \phi \quad (N) \quad (11)$$

buradan,

$$F_{c(top)} = k_s \times B \times \frac{2 \times Sz \times \sin \delta \times B}{(\varphi_2 - \varphi_1) \times D} \times \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{2 \times \pi} \quad (12)$$

yazılabilir. Bu formüllerde geçen  $b = \frac{a}{\sin \delta}$  'dir.

Özgül kesme kuvveti ( $k_s$ ) talaşın birim kesitinin kesilmesi için harcanan kuvvettir, ( $h^m$ ) ortalama talaş kalınlığı,  $k_{11}$  'de Şekil 1' ye göre  $h_{ort.}=1$  mm,  $b=1$  mm için özgül kesme kuvvetidir. Buna göre özgül kesme kuvveti;

$$k_s = \frac{k_{11}}{h^m} \quad (13)$$

Talaş açısı faktörü ( $k_\gamma$ );

$$k_\gamma = 1 - \frac{\gamma - \gamma_0}{66.7} \quad (14)$$

yazılabilir (T. C. M. O., 1980; Mendi, 1988; (Mendi, 1996). Bu eşitliklerin değerleri (12) nolu formülde yerine konulup gerekli sadeleştirmeler yapılmıca ortalama kesme kuvveti ( $F_c$ );

$$F_{c(ort.)} = k_s \times a \times s^L \times \frac{B}{\pi \times D \times n} \times k_\gamma \times k_v \times k_u$$

şeklini alır (T.C.M.O., 1980; Theroie.... 1981; Mendi, 1988; Mendi, 1996),

Frezeleme işleminde sadece kesme kuvveti için gereken güç önemlidir. Bu güç  $F_c$  (N) ve  $V$  (m/dk) alınırsa;

$$P_c = \frac{F_c \times V}{60 \times 1000} \quad (KW) \quad (15)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

Motor gücü;

$$P_m = a^1 \times P_c + P_{bos} \quad (KW) \quad (16)$$

bağıntısından bulunur.

Bu formülde geçen  $a^1$ , kesme gücü faktörü;  $P_{bos}$ , boş güç kaybı (KW);  $P_c$ , kesme kuvveti için gerekli güçtür.  $a^1$  değerleri freze tezgahlarında 1.2-1.5 olarak alınır.  $P_{bos}$  değerleri, kullanılan tezgaha, tezgah gücüne ve tezgaha ait kinematik zincirin karmaşıklığına göre değişiklik gösterir.  $P_{bos}$  değeri tezgah üzerinden dinamometre yardımıyla ölçülür. Bu çalışmada tezgah boş güç kaybı 0.45 KW olarak alınmış ve hesaplamalarda bu değer kullanılmıştır. Tezgah verimi ise aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilmektedir (T.C.M.O., 1980; Theroie...., 1981; Dixi, 1982; Mendi, 1988; Başak, 1996; Mendi, 1996).

$$\eta = \frac{P_c}{P_m} \quad (17)$$

### 3. BİLGİSAYAR PROGRAMI VE ALIN FREZELEME İŞLEMİ İÇİN ÖRNEKLENDİRME

Matlab paket programı yardımıyla yapılan bilgisayar programında 27 çeşit malzeme üzerinde çalışılmış ve bu malzemelere ait alın frezeleme işlemiyle ilgili bütün veriler programa data olarak yüklenmiştir. Bu çalışmada örnek olarak St 37 malzemesinin, oluşturulan işleme şartlarında işlenmesi durumunda çeşitli yerleştirme açıları ( $\delta$ ) kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ )'ne bağımlı tezgah gücüne ait

grafikler çıkarılmış ve aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Aynı zamanda kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değerlerinin değişiminin tezgah verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Alın frezeleme örnek bilgisayar programı çıktıları için, St 37 malzemesinin aşağıdaki işleme şartlarında işlendiği kabul edilmiştir.

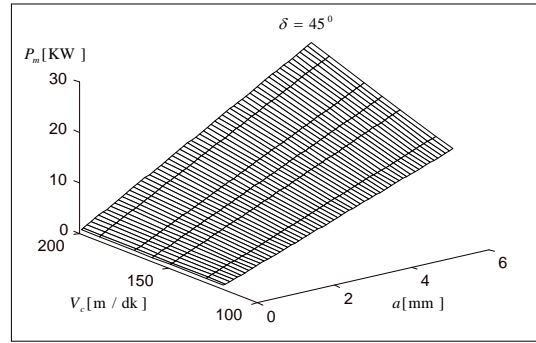
- Malzemenin  $\text{mm}^2$ 'deki özgül  $1780 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  kesme kuvveti ( $k_{11}$ )
- Talaş açısı ( $\gamma$ )  $10^0$  (çelikler için)
- Talaş açısı referans değeri ( $\gamma_0$ ) 6
- Kesme gücü faktörü ( $a'$ ) 1.22
- Kalem malzemesi düzeltme 1 faktörü ( $k_0$ ) (sert metaller için soğutmalı)
- Kalem aşınması faktörü ( $k_u$ ) 1.1 (yeni bilenmiş takımlar için)
- Karakteristik eğim ( $m$ ) 0.17
- Boş güç kaybı ( $P_{\text{boş}}$ ) 0.45
- Diş başına ilerleme ( $S_z$ ) 0.18
- Parça genişliği ( $B$ ) 45 mm
- Diş sayısı ( $z$ ) 16 adet
- Takım çapı ( $D$ ) 50 mm
- Takım tipi Sert Metal

Burada kullanılan çeşitli faktör değerleri ve işleme şartlarına göre seçimleri, literatürde bulunan çeşitli tablolardan alıntılar yapılarak bilgisayar programı içine yüklenmiş durumdadır. Kullanıcı, işleme şartlarını kendisi oluşturabilmekte ve oluşturmuş olduğu işleme şartlarına göre grafiklere ulaşabilmektedir. St 37 malzemesi için tespit edilen işleme şartlarında kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değişiminin tezgah gücünü nasıl etkilediği çeşitli yüzey ve kontur tipindeki grafiksel gösterimlerle incelenmiştir.

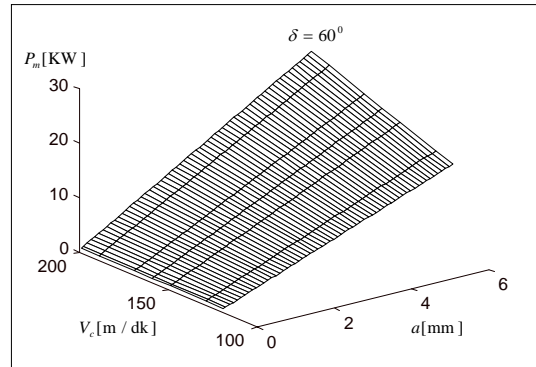
Şekil 3'de kullanıcının kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değerlerini çeşitli tezgah güçlerine ve yerleştirme açılarında göre seçebilmesine imkan sağlayacak grafikler çıkarılmıştır. Şekil 4'te, Şekil 3'de çizdirilen yüzey (surface) tipinde grafiklerin kontur eğrileri çıkarılarak grafiklerin kullanımını kolaylaştırma hedeflenmiştir.

Şekil 3 ve 4'teki grafiklerin incelenmesi sonucunda artan kesme hızı ve talaş derinliği değerlerine karşılık gelen tezgah motor güçlerinin de arttığı görülebilir. Bu grafikler tezgah gücü sınırları içerisinde kalmak şartıyla değişik kesme hızı ve talaş derinliği değerleri için esnek seçimler yapılmasını sağlar. Herhangi bir tezgah gücüne karşılık gelen çeşitli kesme hızı ve talaş derinliği değerlerini maksimum olacak şekilde bu grafiklerden seçmek mümkündür. Şekil 4'teki kontur grafiklerinin incelenmesi sonucunda St 37 malzemesi ve belirlenen işleme şartlarında kesme kenarı açısı ( $\delta$ )  $45^0$  iken 10 KW tezgah gücüne karşılık, kesme hızı

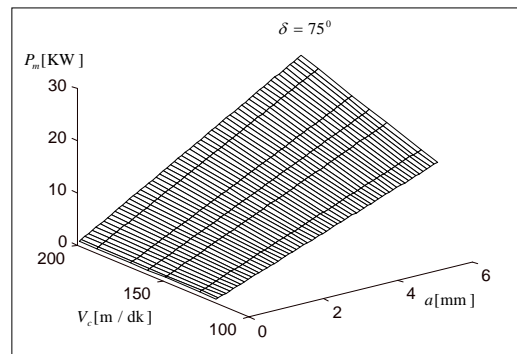
( $V_c$ ) 190 m/dk ve talaş derinliği 2.2 mm elde edilmektedir. Aynı tezgah gücünü, kesme hızı 150 m/dk ve talaş derinliği 2.8 mm ile de elde etmek mümkündür. Bu, yerleştirme açısı ( $\delta$ )  $60^0$  ve  $75^0$  için de geçerlidir. Bu grafiklere göre sabit tezgah gücü için maksimum kullanımda talaş derinliğinin kesme hızı ile ters orantılı olduğu söylenebilir. Bu grafikler, çeşitli tezgah güçlerinde değişik yerleştirme açılarının kesme hızı ve talaş derinliği üzerindeki etkilerini görme olanağı sağlar. Kesme kenarı açısı değişiminin kesme hızı ve talaş derinliği üzerinde etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 3 (a)

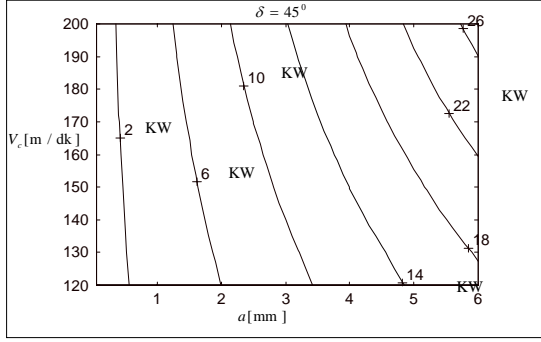


Şekil 3 (b)

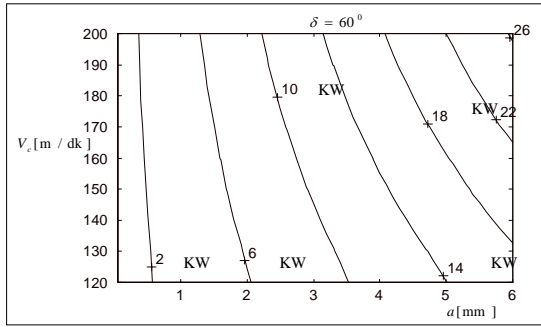


Şekil 3 (c)

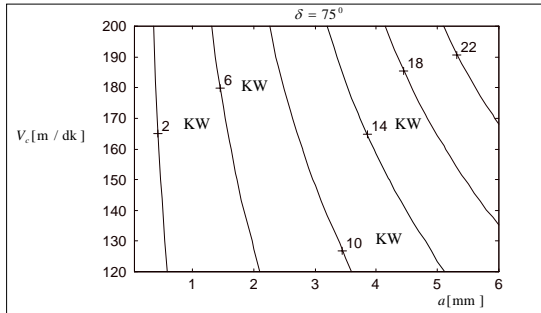
Şekil 3 (a, b, c) Çeşitli yerleştirme açılarında kesme hızı, talaş derinliği ve tezgah gücü ilişkilerinin yüzey tipindeki gösterimleri



Şekil 4 (a)



Şekil 4 (b)



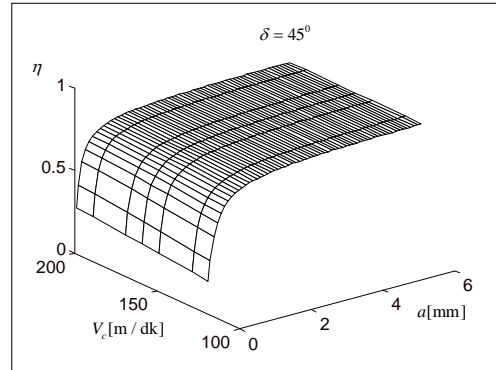
Şekil 4 (c)

Şekil 4 (a, b, c) Çeşitli yerleştirme açılarında kesme hızı, talaş derinliği ve tezgah gücü ilişkilerinin eğrisel gösterimleri

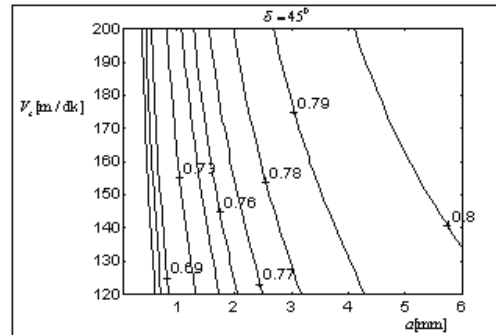
Sabit tezgah gücü için kesme kenarı açısı  $45^\circ$  ve kesme hızı 150 m/dk olduğunda talaş derinliği 2.8 mm olmakta, bu kesme kenarı açısı  $60^\circ$ 'de 2.9 mm'ye, kesme kenarı açısı  $75^\circ$ 'de 3 mm'ye çıkmaktadır. Buradan kesme kenarı açısının yüksek tutulmasının kullanıcıya daha fazla talaş derinliği ve kesme hızı verme imkanı sağlayacağı söylenebilir. Kesme hızının azalması talaş derinliğini artırma imkanı tanımaktadır. Aynı zamanda kesme hızının azalması; takım ömrünü artırır, aşınmayı azaltır, işlem sırasında takım sıcaklığında düşüş meydana getirir. Buna karşılık özgül kesme kuvvetini ve işleme süresini artırır. Kullanıcının grafiklerin kullanımında bu kriterleri de göz önünde bulundurması faydalı olacaktır.

## 4. VERİM ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümünde kesme hızı ve talaş derinliğinin verim üzerindeki etkileri incelenmiştir. Verim grafiklerine dikkat edilecek olursa çeşitli verim değerlerine çeşitli kesme hızı ve talaş derinliklerinde ulaşmak mümkündür. Verim olayının incelenmesi için örnek olarak 18 KW motor gücüne sahip bir tezgahın verim eğrileri incelenmiştir. İşlenen malzeme ve oluşturulan işleme şartları aynıdır. 18 KW motor gücüne sahip bir alın freze tezgahında 190 m/dk. kesme hızı için %80 verime 4.5 mm talaş derinliği ile ulaşmak mümkünken, aynı verime 150 m/dk. kesme hızı ve 5.3 mm talaş derinliğiyle de ulaşılabilir. Grafikler burada da kullanıcının esnek davranmasına izin vermektedir. Kesme kenarı açısına göre verimin değişimini inceleyecek olursak; yine 18 KW'lık bir alın freze tezgahında  $45^\circ$  kesme kenarı açısı ve 190 m/dk. kesme hızı ile % 80 verime ulaşabilmek için 4.3 mm. talaş derinliğine ihtiyaç vardır. Aynı verime, aynı kesme hızında, kesme kenarı açısı  $60^\circ$  iken 4.4 mm talaş derinliği ile,  $75^\circ$  iken 4.5 mm talaş derinliği ile ulaşılabilir. Buradan kesme kenarı açısının yüksek tutulması durumunda daha fazla talaş vererek aynı verimin elde edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür (Şekil 5a,b).



Şekil 5 (a)



Şekil 5 (b)

Şekil 5 (a,b) Yerleştirme açısı  $45^\circ$  ve tezgah gücü 18 KW iken ilerleme ve talaş derinliğinin verim üzerindeki etkileri

## 5. SONUÇ

İki aşamada gerçekleştirilen bu çalışmanın ilk aşamasında, motor güçlerine göre alın freze tezgahlarının verimli bir şekilde kullanılabilmesine imkan sağlayacak kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değerlerine esnek yaklaşımlar teorik olarak sağlanmıştır. Matlab paket programı yardımıyla tezgah gücüne ait grafikler çıkarılmıştır. Çıkarılan grafikler vasıtasıyla, kesme hızı ( $V_c$ )'na bağımlı talaş derinliği ( $a$ ) veya talaş derinliğine ( $a$ ) bağımlı kesme hızı ( $V_c$ ) seçimi tamamiyle kullanıcıya bırakılmıştır. Grafiklerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, tezgah gücü sınırları içinde kalmak şartıyla, değişik kesme hızı ( $V_c$ ), ve talaş derinliği ( $a$ ) değerleri için esnek seçimler yapılabildiği görülmektedir. Ancak kullanıcı bu seçimlerini yaparken bazı durumları da gözönünde bulundurmak mecburiyetindedir. Kesme hızının azalması talaş derinliğini arttırmamıza imkan tanımaktadır. Aynı zamanda kesme hızının azalması; takım ömrünü artırır, aşınmayı azaltır, işlem sırasında takım sıcaklığında düşüş meydana getirir. Özgül kesme kuvvetini ve işleme süresini artırır. Teorik olarak bulunan bu grafikler, tezgahı maksimum güçte kullanmak istediğimizde kesme hızı ve talaş derinliği arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte aynı tezgah gücü için yerleştirme açısı ( $\delta$ )'nın artması daha fazla kesme hızı ve talaş derinliği verme imkanını ortaya çıkardığı grafiklerden anlaşılmıştır. Kullanıcı bu kriterleri de göz önünde bulundurarak seçimini yapmalıdır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, kesme hızı ( $V_c$ ) ve talaş derinliği ( $a$ ) değişkenlerinin tezgah verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen program yardımıyla işleme şartları ve değişkenlere göre tezgahın hangi verimle çalışacağı rahatlıkla

tespit edilebilmektedir. Yapılan teorik hesaplamalarla alın freze tezgahının maksimum % 80 verimlilikte kullanılabileceği anlaşılmış olup bu verim değeri için bulunan eğrilerin literatürle paralellik gösterdiği görülmüştür (Akkurt, 1991; Budak, 1996; Mendi, 1996).

Bu tür grafiklerin operatöre büyük kolaylıklar sağlayacağı ve üretimin etkinliğini arttıracığı söylenebilir.

## 6.KAYNAKLAR

Akkurt M. 1991. “Takım Tezgahları” Birsen Yayınevi.

Başak, H. 1996. “Mekanik Üretimde Motor Gücünü Etkileyen Parametrelerin Optimum kullanımı”, Y. Lisans tezi, G. Ü. F. B. E.

Budak E. 1996. Armagare E., “Prediction of milling force coefficienty from ortaganal cutting” J. of Manufacturing science and Engineering, Vol. 108, Page 216.

Dixi, S. 1982. A/ usine 4.CII-2400 le locle / Suisse.

Mendi F. 1988. “Mekanik Üretimde Otamasyon ve Sayısal Denetimin Rolü” Y. Lisans Tezi G. Ü. F. B. E.

Mendi F. 1996. “Takım Tezgahları Teori ve Hesapları” 72 TDFO Ltd. Şti.

T.C.M.O' ecole d'Ingeniur du canton' de Neuchetal, 1980.

“Theorie et calcule des machines outils”, Neuchetal, 1981.