

FANUC 0i-T KONTROLLÜ CNC TORNA TEZGÂHLARINDA PROGRAMLAMA SÜRECİNE UYGULAMALI BİR YAKLAŞIM

Erman AYDIN * 

Alınma: 28.11.2025 ; düzeltme: 01.04.2026 ; kabul: 16.04.2026

Öz: Bu çalışmada, Fanuc 0i-T kontrol ünitesine sahip CNC torna tezgâhlarında programlama süreci uygulamalı olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, CNC teknolojisinin temel ilkeleri, imalat sanayindeki yeri ve kullanım alanları özetlenmiş; ardından Fanuc 0i-T işletim sisteminin yapısı ve işlevleri açıklanmıştır. Uygulama süreci, tezgâhın üretim öncesi hazırlanması, uygun kesici takımların seçilmesi, kesme parametrelerinin belirlenmesi, iş parçası imalat resmine göre program G/M kodlarının oluşturulması ve simülasyon adımlarını kapsamaktadır. Programlama süreci, örnek bir parça üzerinden G ve M kodları kullanılarak adım adım gösterilmiş, imalat sırasında dikkat edilmesi gereken kritik noktalar vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda CNC torna programlamaya yeni başlayan öğrenciler, sektöre ilgi duyan bireyler ve operatör adayları için sistematik ve uygulamaya dönük bir öğrenme kaynağı sunulmuştur. Sonuç olarak, CNC eğitiminin teorik altyapısını uygulamalı üretim süreciyle bütünleştirerek, öğrenme sürecine rehberlik eden ve mesleki yetkinliğini artırmayı hedefleyenler için referans bir çalışma oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: CNC, Torna, G-M kod, CNC programlama, İmalat, Fanuc 0i-T

A Practical Approach to Programming Process on FANUC 0i-T Controlled CNC Lathes

Abstract: In this study, the programming process of CNC turning machines equipped with the Fanuc 0i-T control unit is examined through an applied methodology. The work first provides an overview of the fundamental principles of CNC technology, its significance in modern manufacturing, and its major application domains, followed by a detailed explanation of the structure and operational functions of the Fanuc 0i-T system. The practical implementation includes machine preparation, selection of appropriate cutting tools, determination of machining parameters, generation of G/M codes based on the technical drawing of the workpiece, and simulation-based verification. The programming workflow is demonstrated step-by-step on a sample part using relevant G and M codes, with emphasis placed on critical considerations during machining. The findings indicate that the developed workflow offers a systematic and practice-oriented learning pathway for students new to CNC turning, individuals interested in the field, and prospective operators. Ultimately, by integrating the theoretical foundations of CNC education with hands-on manufacturing practices, this study establishes a structured and accessible framework that can serve as a reference resource for those aiming to strengthen their professional competence.

Keywords: CNC, Lathe, G-M code, CNC programming, Manufacturing, Fanuc 0i-T

* Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Söke Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 09200, Söke/AYDIN

İletişim Yazarı: Erman AYDIN (erman.aydin@adu.edu.tr)

1. GİRİŞ

Bilgisayar sayısal denetim (Computer Numerical Control, CNC), takım tezgâhlarının hareket ve fonksiyonlarını sayısal komutlarla yöneten bir otomasyon yapısıdır; 1970’lerden itibaren minibilgisayar/mikrobilgisayar tabanlı denetleyicilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, makine tezgâhlarının farklı işlere hızla uyarlanabilmesini ve tam otomatik çalışmayı mümkün kılarak imalatta devrim yaratmıştır. CNC’nin özünde, dijital/ sayısal talimatların (G/M kodları, koordinatlar, hız/ilerleme değerleri vb.) tezgâh eksenlerine ve yardımcı fonksiyonlara gerçek-zamanlı aktarımı yer almaktadır. Bu sayede karmaşık geometri, dar tolerans ve yüksek tekrarlanabilirlik önemli ölçüde artırılmıştır (Britannica, 2026). CNC’nin kökeni, 1940’lar sonu–1950’ler başında “sayısal denetim” (NC – Numerical Control) kavramının doğuşuna uzanmaktadır. John T. Parsons ve Frank L. Stulen’in, uçak rotor ve kanat yüzeyleri gibi serbest-biçimli yüzeylerin hassas işlenmesi için nokta koordinatlarını hesaplayıp tezgâhlara aktaracak bir yöntem geliştirmeleri, ABD Hava Kuvvetleri’nin desteğiyle MIT Servomekanizmalar Laboratuvarı’nda 1952’de ilk NC freze prototipinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Parsons’un 1952 tarihli başvuruyla aldığı ve 1958’de tescil edilen “Motor Controlled Apparatus for Positioning Machine Tool” patenti, endüstride NC/CNC çağını başlatan dönüm noktalarından biri olarak kabul edilmektedir (MIT Museum, 2026). Bu teknolojik sıçrama, imalat sanayine üç temel katkı getirmiştir: (i) Hassasiyet ve doğruluk—karmaşık konturların dar toleranslarla işlenebilmesi; (ii) Tekrarlanabilirlik—aynı parçanın binlerce kez aynı kaliteyle üretilebilmesi; (iii) Verimlilik ve esneklik—iş değişimlerinin hızlı yapılabilmesi ve insansız veya tam otonom üretim sistemlerinin temelini oluşturarak, yüksek otomasyon seviyelerine ulaşılmasını sağlamıştır. Güncel literatür, CNC’nin yüzey kalitesi, ölçüsel doğruluk ve proses stabilitesine etkisini ayrıntılı biçimde tartışmakta; kesme sürecindeki hata kaynakları, otonom/yapay zeka sistemleri (Fan ve diğ., 2025) ile bütünleşmesi ve tekrarlanabilirlik ilişkisini mekanik/termal kökenleriyle birlikte ele almaktadır (Abdullah ve diğ., 2024; Peterka ve diğ., 2023; Xu, 2017). CNC tezgâhları günümüzde otomotiv, havacılık-uzay, savunma, tıp/medikal cihaz, enerji ve elektronik başta olmak üzere çok geniş bir endüstri yelpazesinde kritik bileşenlerin üretiminde çekirdek rol oynamaktadır. Sektörel raporlar; özellikle otomotiv ve havacılıkta dar tolerans ve ideal yüzey gereksinimleri nedeniyle CNC torna ve işleme merkezlerine talebin sürdüğünü, savunma ve tıbbî cihaz alanlarının da büyümeyi desteklediğini göstermektedir (Fortune Business Insights, 2026; Grand View Research, 2026). Yerel sanayide en yaygın kullanılan kontrol ailesinden biri FANUC tabanlı torna sistemleridir. Özellikle FANUC Series 0i ailesi, atölye-seviyesinde yüksek erişilebilirliği, geniş Orijinal Ekipman Üreticisi (OEM - Original Equipment Manufacturer) yayılımı ve kullanıcı arayüzünün öğrenim kolaylığı nedeniyle eğitim-öğretim ve üretimde yaygın olarak kabul görmektedir. Bu serinin torna odaklı sürümleri “0i-T” (T = Turning) olarak anılmakta; güncel varyant 0i-TF Plus, tornalama uygulamalarına özgü fonksiyonları (uygun çevrimler, yüzey kalitesi için rafine kontrol algoritmaları, işleme süresini kısaltmaya dönük spindle/eksen optimizasyonları vb.) ile öne çıkmaktadır. Kısacası “FANUC işletim sistemi” ifadesi altında, endüstride yaygın bir kontrol donanım-yazılım platformu; “0i-T” ise işletim sisteminin torna tezgâhlarına özel konfigürasyonu kastetmektedir (Fanuc, 2026a; Fanuc, 2026b).

Bu teknik not; CNC torna bağlamında, tezgâhın hazırlanmasından malzemeye uygun takım seçimi ve kesme parametrelerinin belirlenmesine, parça imalat resmine göre programlama adımlarından simülasyon/doğrulama ve imalatın değerlendirilmesine kadarki süreci adım adım ele alan uygulamalı bir rehber olarak kurgulanmıştır. Yalnızca G00-G01-G02-G03 gibi temel hareket komutlarını değil, G70-G71-G75-G74-G76-G81-G92 çevrimler gibi üretim pratiğinde sık kullanılan fonksiyonları da bağlamı içinde açıklamaktır. Böylece metin; CNC alanında öğrenim gören öğrenciler, bu alana ilgi duyanlar ve operatörlüğe yeni başlayacaklar için açık, net, uygulanabilir ve gelecekte yönelmek istediği farklı çalışmalara da yol gösterici olabilecek bir başvuru kaynağı niteliği taşımaktadır.

2. CNC TORNA TEZGÂHLARININ HAZIRLANMASI

CNC torna tezgâhlarında verimli, hatasız ve tekrarlanabilir bir üretim süreci için hazırlık aşaması büyük önem taşımaktadır. Tezgâhın fiziksel kontrolü, sıfırlama (iş parçası, kesici takım) işlemleri, eksen hareketlerinin doğrulanması, yağ seviyeleri, kesme sıvısı durumu ve kontrol ünitesinin kalibrasyonu üretime başlamadan önce mutlaka gerçekleştirilmelidir. CNC takım tezgâhlarında farklı üreticilere ait kontrol üniteleri kullanılmaktadır. En yaygın kontrol sistemleri arasında FANUC, Siemens (Sinumerik serisi), Mitsubishi Electric, Heidenhain ve Haas Automation kontrol sistemleri yer almaktadır. Bu kontrol üniteleri eksen kontrol hassasiyeti, kullanıcı arayüz yapısı, desteklenen programlama çevrimleri ve otomasyon entegrasyonu gibi açılardan farklılık göstermektedir. Fanuc sistemleri, özellikle torna tezgâhlarında yaygın kullanımı, dayanıklılığı ve öğrenim kolaylığı nedeniyle eğitim ve üretim ortamlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Fanuc 0i-T sistemi, kullanıcıya eksen konumlandırma, takım yönetimi, kesme parametrelerinin optimizasyonu ve program simülasyonu gibi fonksiyonları entegre biçimde sunmaktadır (Fanuc, 2026b). Hazırlık süreci yalnızca donanım ayarlarını değil, aynı zamanda iş parçası malzemesinin seçimi, kesici takım geometrisinin/uygun kesici takımın belirlenmesi ve uygun kesme parametrelerinin (V_c , f , a_p) tespiti gibi üretim kalitesini doğrudan etkileyen unsurları da kapsamaktadır (Krar ve diğ., 2001; Smid, 2021). Bu nedenle her bir adımın üretim toleransları, yüzey kalitesi ve takım ömrü arasındaki denge gözetilerek planlanmasını gerektirmektedir (Correia ve Davim, 2011; Groover, 2015; Jachak ve diğ., 2021; Patel ve diğ., 2021; Yaka, 2019). Bu bölümde, Fanuc 0i-T kontrol panelinin temel özellikleri, iş parçası ve malzeme seçimi, kesici takım-tutucu ilişkisi ile kesme parametrelerinin belirlenmesine ilişkin uygulamalı bilgiler adım adım ele alınmaktadır.

2.1. Fanuc 0i-T Kontrol Paneli

Fanuc 0i-T kontrol ünitesi; ana işlemci (CNC CPU), servo ve spindle sürücüleri, I/O arayüz modülleri ve operatör paneli olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. 0i-T serisi, kullanıcı dostu arayüzü ve yüksek işlem hızına sahip donanımıyla tezgâh hareketlerinin mikrosaniye düzeyinde kontrolünü mümkün kılmaktadır (Fanuc, 2026b). Şekil 1’de belirtilen kontrol paneli üzerinde yer alan MDI/CRT ekranı, program girişi, parametre düzenleme, takım ofseti ayarı ve alarm takibi gibi işlemlerin gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca “soft-key” menü yapısı, kullanıcının programlama, simülasyon ve manuel modlar arasında kolay geçiş yapmasını sağlamaktadır.



Şekil 1:
Fanuc Kontrol Paneli

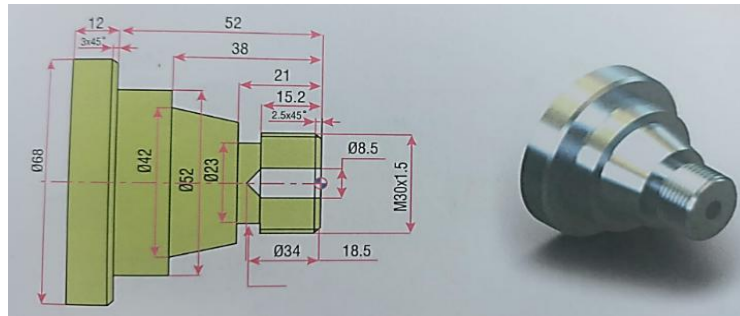
Fanuc 0i-T kontrol sisteminin yapısı, ISO 6983-1 standardında tanımlanan G ve M kodlarının doğrudan yorumlanmasına dayanmaktadır. Sistem, bu kodları gerçek-zamanlı olarak eksen kontrol sinyallerine dönüştürerek, tezgâhın hassas konumlandırma ve kesme hareketlerini yürütmektedir (ISO 6983-1:2009). Bunun yanında bilinmesi gereken Tool Offset (Takım ofseti) ayarları ile kesici takımın gerçek geometrik durumunun tezgâha bağlandığındaki konumu arasındaki farkın telafisi sağlanarak, programda verilen koordinat değerlerinin takım ucuna doğru şekilde uygulanmasını sağlanmaktadır. Work Offset (İş parçası ofseti) ise iş parçasının sıfır

noktasının tezgâhın koordinat sistemine göre konumunun tanımlanması işlemidir. Bu iki sistem birlikte çalışarak CNC programının ölçüsel doğruluğunu oluşturmaktadır. Fanuc 0i-T, modüler yapısı ve geniş çevrim (Cycle) desteği sayesinde eğitim, bakım ve seri üretim uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen bir kontrol platformu durumundadır (Fanuc, 2026b; Krar ve diğ., 2001; Smid, 2021; T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

2.2. İş Parçası Malzemesi Seçimi ve Parça Resmi

CNC torna tezgâhlarında işe uygun iş parçası malzemesinin seçimi, kesme parametrelerinin belirlenmesi, yüzey kalitesi, takım ömrü ve üretim verimliliği üzerinde doğrudan etkili olan en kritik aşamalardan biri konumundadır. Bu çalışmada, makine imalat sanayinde yaygın olarak kullanılan karbon çelikleri, temel malzeme grubu olarak seçilmiştir. Karbon çelikleri; esas olarak demir (Fe) ve karbon (C) elementlerinden oluşmaktadır. Ayrıca, çeliğin mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla düşük oranlarda mangan (Mn) ve silisyum (Si) gibi elementler de içermektedirler. Bu alaşım elementleri, çeliğin dayanımını, sertliğini ve işlenebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Örneğin karbon ve silisyum oranındaki artış sertliği ve dayanımı yükseltirken, kesme sırasında oluşan kuvvetleri ve takım aşınmasını artırarak işlenebilirliği düşürebilir. Mangan ve kükürt gibi elementler ise talaş kırılmasını kolaylaştırarak işlenebilirliği iyileştirebilir (Correia ve Davim, 2011; Onaran, 2010; Savaşkan, 2012; Yaka, 2019). Karbon oranına göre karbon çelikleri genellikle üç ana sınıfta değerlendirilir: düşük karbonlu (%0,05–0,25 C), orta karbonlu (%0,25–0,60 C) ve yüksek karbonlu (%0,60–1,00 C) çelikler, orta karbonlu çelikler, bu gruplar içinde dayanım, süneklik ve işlenebilirlik arasında optimum denge sağlayan malzemelerdir. Bu özellikler, onları miller, dişliler, krank milleri, bağlantı elemanları ve genel makina parçalarının üretiminde tercih edilen bir malzeme grubu haline getirmektedir (Dawang Metals, 2026; Onaran, 2010; Sağlam Metal, 2017; Savaşkan, 2012; Töre, 2007).

Bu çalışmada eğitim ve sanayi alanında kullanılan orta karbonlu çelik grubunun temsili bir örneği olarak C45 malzeme kullanılacaktır. Şekil 2’de aynı anda birden çok çevrime imkân sunacak şekilde bir parça seçimi yapılmıştır. Buradaki parça geometrisine bağlı olarak G71-G70-G75-G76-G74 çevrimleri incelenecektir. Stok ölçüsü Ø70 mm, alında 1 mm talaş payı olduğu varsayılan, orta karbonlu çelik malzeme sınıfına ait kütük parça Fanuc 0i-T kontrol ünitesine uygun kodlar ile programlanarak işlenecektir.



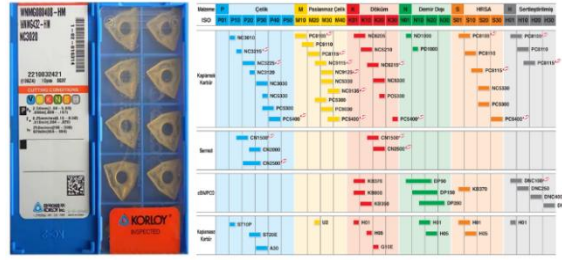
Şekil 2:
Örnek parça (Yazılıdağ, 2021)

2.3. Kesici Takım ve Tutucu Seçimi

2.3.1. ISO Tornada Kullanılan Kesici Uç Tipleri ve Takım Tutucular

Torna işlemlerinde kullanılan kesici takımlar, ISO 1832:2017 standardına göre tanımlanmaktadır. Bu standarda göre her kesici uç geometrisi, harf ve rakamlardan oluşan bir kod sistemiyle belirtilmektedir. Örneğin CNMG 120404 kodlu bir uçta: C, uç biçimini (shape) belirtir ve 80° (rhombic) formundadır. N, ön boşluk açısını (relief angle) ifade eder ve 0°’dir. M, tolerans

sınıfını (tolerance class) gösterir ve orta hassasiyeti temsil etmektedir. G, işleme ve bağlama şeklini (clamping/chipbreaker type) ifade eder; genellikle vidalı sıkma sistemi ve çift taraflı uç anlamına gelmektedir. Sayısal kısımda 12, kesme kenarı uzunluğunu (mm), ilk 04, uç kalınlığını (mm) ve son 04, köşe yarıçapını (corner radius, 0,4 mm) olduğunu belirtmektedir (Gavas, 2019; Ovalı ve Mavi, 2014; Sandvik Coromant, 2026; Yazılıdağ, 2021; ISO 1832:2017). Torna operasyonlarında en sık C (80° rhombic), D (55°), V (35°) ve T (60° üçgen) tiplerindeki uç şekilleri kullanılmaktadır. Yüksek kenar açısına sahip ya da yuvarlak profildeki uçlar genellikle kaba, yüksek talaş kaldırma işlemlerine ihtiyaç duyulan durumlarda tercih edilirken finiş işlemlerinde ya da profil tornalamada, daha çok V, T, D biçimlerindeki profillere sahip kesici uçlar kullanılmaktadır (Correia ve Davim, 2011; Jachak ve diğ., 2021). Kullanılan malzeme grubu (C45) dikkate alındığında, CNMG, TNMG veya DNMG sınıfı karbür uçlar, yüzey kalitesi ve takım ömrü açısından optimum sonuçlar vermesi sebebiyle çalışmalarda yoğun olarak tercih edilmektedir (Dawang Metals, 2026; Correia ve Davim, 2011; Sandvik Coromant, 2026; T.C: Milli Eğitim Bakanlığı, 2012). Kesici takım seçimi, işlenecek malzemenin türüne göre belirlenmektedir. ISO 513 standardı, talaşlı imalatla kullanılan kesici uçları malzeme türüne göre altı ana grupta sınıflandırmakta ve her gruba bir renk kodu atamaktadır. Bu harflerin yanında yer alan sayısal değerler (örneğin P10, P25, M30 gibi) ise ucun kullanım aralığını ifade etmektedir. Düşük sayılar daha çok finiş ve hafif kesme şartlarına uygun daha sert ve aşınma dirençli uçları, yüksek sayılar ise kaba işleme şartlarına uygun daha tok ve darbe dayanımı yüksek uçları temsil etmektedir (ISO 513:2012).



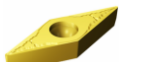
Şekil 3:

Korloy Torna Takımları Renk Kodları (Korloy, 2026)

P grubu (mavi), düşük, orta ve yüksek karbonlu çelikleri kapsamaktadır. Bu gruptaki tipik malzemeler AISI 1040, 1045 ve 4140 türü çelik malzemelerdir. P grubu için hem pozitif hem negatif talaş açılı uçlar tercih edilmekte olup orta kesme hızlarında stabil talaş kaldırma sağlamaktadır. M grubu (sarı), paslanmaz çeliklerin işlenmesi için kullanılmaktadır. AISI 304, 316 ve 420 gibi malzemelerde keskin kenarlı uçlar tercih edilmektedir. Bu malzeme türleri, yüksek sünekliğe sahip olduklarından düşük ilerleme değerleriyle ve nispeten yüksek kesme hızlarıyla işlenebilmektedirler. K grubu (kırmızı), gri veya sfero dökme demirler (GG25, GGG40 vb.) için kullanılmaktadır. Bu malzemeler gevrek yapıda olduğundan, negatif talaş açılı ve yüksek dayanımlı uçlar kullanılmaktadır. Kesme hızları genellikle yüksektir ve talaş kaldırma oranı artırılabilir. N grubu (yeşil), alüminyum ve benzeri hafif metallerin işlenmesine yöneliktir. Bu malzemeler için geniş kesici kenarlı, büyük talaş açılara sahip uçlar kullanılmaktadır. Al 6061 ve AlSi7Mg gibi alaşımlarda yüksek kesme hızları tercih edilmektedir. S grubu (turuncu), süper alaşımlar ve yüksek sıcaklıkta mukavemetini koruyan malzemeler (Inconel 718, Ti6Al4V gibi) için geliştirilmiştir. Bu tür malzemelerde ısıl dirençli, CVD kaplamalı karbür veya seramik uçlar tercih edilmektedir. H grubu (gri), 45 HRC üzeri sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesini kapsamaktadır. Örneğin 100Cr6 ve D2 çelikleri bu gruba dâhil çelik malzemelerdir. Bu uygulamalarda yüksek sertlik nedeniyle CBN (kübik bor nitrür) veya seramik uçlar tercih edilmekte; düşük ilerleme fakat yüksek kesme hızlarıyla çalışılmaktadır (ISO 513:2012; Korloy, 2026; Sandvik Coromant, 2026; Takımsaş, 2026a; Yazılıdağ, 2021). Bu sınıflandırma, tornalamada uygun kesici uç seçimini kolaylaştırmaktadır. İşlenen malzeme C45 olduğundan ISO

P grubu tercih edilmiştir. CNMG 120404 karbür uç, ISO P30 kalite sınıfında ve çeliklerin kaba ile yarı finiş işleminde yaygın kullanılan bir takımdır. Uçlar, ISO 5608:2012 standardına uygun takım tutuculara monte edilmektedir (ISO 5608:2012). Tutucular genellikle sağ yönlü (R), sol yönlü (L) veya düz (N) tipte olup, kodlama sistemleri PCLNR, SDJCR, DDJNR veya SCLCR gibi harflerle ifade edilir. Örneğin, PCLNR 2525M12 tutucuda: P (delikten sıkma) sıkma tipi, C (uç tipi) 80° uç biçimini, L (yanaşma açısı) 95° yanaşma açısını, N (ön boşluk açısı) 0° ön boşluk ve R (kesme yönü) sağ kesme yönü, 25x25 kater ölçülerini, M (kater gövde boyu) 150 mm boy, 12 mm kesici kenar uzunluğu değerini ifade etmektedir. Belirtilen takımlar haricinde iç çap tornalama, kanal açma, vida açma ve profil takımlar gibi iş ve işlem türlerine göre farklı kesici takımlar kullanılmaktadır. Çalışmamızda parça resminden de anlaşılacağı üzere dış çap kaba ve finiş işlemi, delik delme, kanal açma ve vida/dış açma işlemlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak malzeme C45 olduğundan Tablo 1’de sunulan takımlar kullanılmıştır (Korloy, 2026; Sandvik Coromant, 2026; Takımsaş, 2026b).

Tablo 1. Takım Listesi

İşlem No	Operasyon	Kullanılan Takım / Tutucu	Kesici Uç / Matkap	Açıklama
1	Ahn tornalama	PCLNR 2525M12 	CNMG 120404 Karbür 	Z=0 referans yüzeyi oluşturulur
2	Punta deliği açma (merkezleme)	DIN 6449 Form A ER20 Tip Silindirik Şaftlı Pens Tutucu 	DIN 333/A HSS Punta Matkabi D ₁ =4 mm D ₂ =10 mm 	Delik delme operasyonu için merkez oluşturulur.
3	Ø8,5 mm delik delme	DIN 6449 Form A ER20 Tip Silindirik Şaftlı Pens Tutucu	DIN 6537 – 860.1-0850-031A0-PM TiAlN/TiSiN kaplamalı karbür matkap Ø8,5 mm 	İç referans deliği iş parçası resminde verilen derinliğe kadar açılır.
4	Dış çap kaba tornalama	PCLNR 2525M12	CNMG 120404	Ø68 → Ø52 → Ø42 → Ø34 geçişleri, konik yüzey dahil G71 çevrimi ile kaba işleme
5	Dış çap finiş tornalama	SVJBR 2525M11 	VBMT 110304 	Konik yüzey, silindirik bölgeler ve faturalar için finiş işlemi, yüzey pürüzlülüğü iyileştirilir.
6	Kanal açma	MGEHR 2525-3 	MGMN 300 M 	Teknik resimde verilen kanal genişliği ve derinliği işlenir; profil hassasiyeti sağlanır.
7	Dış vida açma (M30x1,5)	SER 2525 M16 	16ER 1.5 ISO 	G76 çevrimi ile vida açılır. Vida operasyonu en sona bırakılır ki kanal ve finiş işlemleri sırasında dış profili zarar görmesin.
8	Pah kırma ve köşe işlemleri	SVJBR veya PCLNR	VBMT 110304 veya CNMG 120404	Teknik resimde verilen tüm 45° pahlar veya köşe radyüsleri uygulanır; son yüzey düzenlemeleri tamamlanır.

2.4. Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi

Talaş kaldırma esnasında Tablo 2’de belirtildiği üzere birçok faktör devreye girmektedir. Bu faktörler den bazıları işleme çapı (D_m), kesme hızı (V_c), devir Sayısı (n), işleme zamanı (T_c), kesme derinliği (a_p), talaş hacmi (Q), ilerleme miktarı (f), özgül kesme kuvveti (k_c), ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) gibi girdi ya da işleme sonrası elde edilen faktörlerdir.

Tablo 2. Birimler Tablosu (Gülesin ve diğ., 2006; Ovalı ve Mavi, 2014; Takımsaş, 2026a)

İfade	Açıklama	Birim
D_m	İşleme çapı	mm
V_c	Kesme hızı	m/dak
n	Devir sayısı	dev/dak
T_c	İşleme zamanı	dak
Q	Kaldırılan talaşın hacmi	cm ³ /dak
l_m	İşleme uzunluğu	mm
P_c	Net güç gereksinimi	kw
k_c	Özgül kesme kuvveti	N/mm ²
f_c	Esas kesme kuvveti	N
f_p	Takım kuvveti (pasif kuvvet)	N
f_a	İlerleme kuvveti	N
f_e	Eksenel kuvvet	N
f_r	Radyal kuvvet	N
f_n	İlerleme miktarı	mm/dev
η	Yanaşma (giriş) açısı	derece
R_a	Yüzey pürüzlülüğü	μ m
R_e	Köşe radyüsü	mm
a_p	Kesme derinliği	mm

Bunlar içerisinde en önemli olan kesme parametreleri; kesme hızı (V_c), ilerleme (f) ve kesme derinliği (a_p) olarak tanımlanmaktadır (Akkurt, 2020; Gavas, 2019; Gülesin ve diğ., 2006; Şahin, 2014; Smid, 2021). Kesme hızı (V_c), kesici takımın dönme hareketi yapan iç parçası üzerinden, dakikada metre cinsinden aldığı yol olarak tanımlanmaktadır ve m/dak cinsinden ifade edilmektedir. Denklem 1’de belirtildiği üzere, kesme hızına bağlı olarak tezgâha verilmesi gereken devir sayısı hesaplanabilmektedir.

$$V_c = \frac{\pi * D * N}{1000} \quad (1)$$

İlerleme (f), takımın bir devirde aldığı mesafe olup (mm/dev veya mm/dak) yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkilemektedir. Kesme derinliği (a_p) talaş genişliğini belirlemekte; kaba işlemede yüksek, finişte düşük seçilmektedir. R_a değeri bu parametrelerin dengeli seçimine bağlıdır. Yüksek ilerleme ve derin kesmeler yüzey kalitesini düşürürken, düşük ilerleme ve uygun hızlar daha iyi yüzey elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak parametre seçimi tüm proses değişkenleri dikkate alınarak yapılmalıdır (Khan ve diğ., 2022; Maneesh ve diğ., 2023; Sandvik Coromant, 2026). C45 malzeme için Tablo 3’te bulunan kesici takım listesine göre önerilen kesme parametreleri sunulmuştur.

Tablo 3. AISI 1045 orta karbonlu çelik için önerilen kesme parametreleri (Iscar, 2026b; Korloy, 2026; Patel ve diğ., 2021; Sandvik Coromant, 2026; Takımsaş, 2026b; Yazılıdağ, 2021)

İşlem No	Operasyon	Takım / Tutucu – Uç	Önerilen kesme hızı V_c (m/dak)	İlerleme f (mm/dev)	Kesme derinliği / adım	Not
1	Alın tornalama (kaba)	PCLNR 2525M12 + CNMG 120404 (P30)	50 – 280	0,25 – 0,40	$a_p = 0,5 – 4,0$ mm	C45 için katalogta verilen P-grubu kaba tornalama parametrelerinin orta aralığı; yüksek talaş kaldırma, orta yüzey kalitesi.
2	Dış çap kaba tornalama	PCLNR 2525M12 + CNMG 120404 (P30)	50 – 280	0,25 – 0,40	$a_p = 0,5 – 4,0$ mm	G71 çevrimi içinde, titreşim ve güç durumuna göre f ve a_p kademeli düşürülebilir.

Tablo 3. (devamı)

3	Dış çap finiş tornalama	SVJBR 2525M11 + VBMT 110304-PF 4415	150 – 200	0,10 – 0,18	$a_p = 0,3 - 1,0 \text{ mm}$	PF talaş kırıcı VBMT uç, çelikler için finiş işlemlerinde önerilen P-grubu aralıklarda çalıştırılır; $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$ hedeflenebilir.
4	Punta deliği açma (merkezleme)	DIN 333-A HSS punta matkabı, $D_1=4 \text{ mm}$, $D_2=10 \text{ mm}$	20 – 35	0,02 – 0,05	Kesme derinliği: $1,5-2 \times D_1$	DIN 333-A HSS merkez matkaba ait çelik için verilen $V_c \approx 20-35 \text{ m/dak}$, $f \approx 0,02-0,05 \text{ mm/dev}$ aralıklarının emniyetli kullanılabilir
5	Ø8,5 mm delik delme	DIN 6537 – 860.1-0850-031A0-PM P1BM TiAlN/TiSiN kaplamalı karbür matkap	80 – 110	0,12 – 0,20	$a_p = \text{delik derinliği (tek paso veya 2-3 gagalama)}$	Karbon çelikler (C45) için karbür matkap kataloglarında verilen $V_c \approx 95-120 \text{ m/dak}$ ve f değerleri esas alınarak, eğitim için hafif düşürülmüş aralık olarak kullanılabilir
6	Kanal açma	MGEHR 2525-3 + MGMN 300 M (P sınıfı)	120 – 180	0,06 – 0,12	$a_p \approx 2,0 - 3,0 \text{ mm}$ (kanal genişliği boyunca)	MGMN 3 mm genişlikte P malzeme için verilen $V_c=90-220 \text{ m/dak}$, $f=0,06-0,12 \text{ mm/dev}$ aralığının orta kısmı seçilmiştir; ilk denemede alt sınırdan başlamak güvenlidir.
7	Dış vida açma (M30×1,5)	AVR 25-3 C + 16ER 1.5 ISO karbür uç	20 – 40	$f = 1,5 \text{ mm/dev}$ (vida adımı)	ilk paso 0,15–0,2 mm; sonlara doğru 0,05–0,10 mm	Diş tornalamada, genel tornalamaya göre daha düşük kesme hızları önerilir; literatürde çelikler için 20–60 m/dak aralığı verildiğinden, eğitim ve güvenlik için 20–40 m/dak aralığı seçilmiştir.
8	Pah kırma / köşe işlemleri	SVJBR 2525M11 + VBMT 110304 veya PCLNR + CNMG 120404	120 – 180	0,10 – 0,20	$a_p = 0,5 - 1,0 \text{ mm}$ (45° pahlar)	Finiş parametrelerinin biraz üzerinde hız, orta ilerleme ile talaş kırılması ve yeterli yüzey kalitesi sağlanabilir

CNMG 120404 ifadesi yalnızca kesici ucun geometrisini belirterek kullanıcıya bir yol göstermektedir; kesme parametreleri ise tamamen uç kalitesi (grade), kaplama tipi, talaş kırıcı geometrisi ve üreticinin performans kriterlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Şekil 4a-e’de farklı üreticilere ait CNMG 120404 kesici takımların kutuları ve arka yüzeylerinde yer alan önerilen kesme parametreleri gösterilmektedir. Tüm takımlar P serisi malzemeye uygun olsa da, V_c , f_n ve a_p değerlerinin önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Kullanıcının, tezgâh gücü, yüzey kalitesi, talaş formu ve üretim hedefi gibi faktörleri dikkate alarak uygun parametreleri seçmesi gerekmektedir.



Şekil 4:

Farklı üreticilere ait CNMG 120404 kesici takımlar:
a. Iscar b. Sandvik c. Mitsubishi d. Walter e. Korloy

Bir diğer önemli husus ise kesme parametrelerine bağlı olarak güç, kesme kuvveti, kaldırılan talaş hacmi ya da işleme zamanı gibi çıktıların da belirlenmesidir. Ticari bir faaliyet esnasında

parça işleme süresinin en kaliteli ürün ile en düşük seviyede tutulması işletme maliyetleri açısından büyük önem arz etmektedir. Bu hususla ilgili olarak Iscar ve Walter gibi firmaların resmi sitesinde sunulan hesaplama aracı (Şekil 5a, b) ile birden çok faktör hesaplanabilmektedir. Kesme parametrelerinin ve parça ölçülerinin doğru tayini ile kesme kuvveti, işleme zamanı, devir sayısı gibi birçok sonuca ulaşılabilmektedir (Iscar, 2026a; Walter Tools, 2026).

MP²

★ Favorite
Tech support

Machining Power (Full)

Vc/n - Cutting / Spindle speed
P/T - Power / Torque
Q - Material removal rate
F - Cutting forces
T - Cutting time
M - Max. spindle bending moment

Home > Cutting / Spindle speed > Turning

Workpiece diameter (D): mm

☒ Cutting speed (V_c): m/min

☐ Spindle speed (n): rpm

P

Alayüzücü çelik
C = 0.25 %, Tanımlanmış
(P10 ISO, Rm 420 N/mm²)

Kesim Derinliği

0.00

çizgi Açısı

90

çap / mm

68

Kesme Açısı

0

çizgi 1°

90

çizgi 1°

90

Dönme hızı

0.00

Bir Dönme İlerleme

0.00

çizgi 1 mm

90

Açılma İlerleme

0

çizgi 1 mm

90

%

90

Kesme Hızı

0

Dişli İlerleme

0

çizgi 1 RPM

90

Kesme Bıyığı

0

çizgi 1 mm

90

çizgi 1 mm

90

Tornel kesme kuvveti Gücü

0.00 Fc | N

Talay kaldırma oranları

0.00 cm³/min

Kesme Gücü

0.00 sanjir

Dönme Momenti

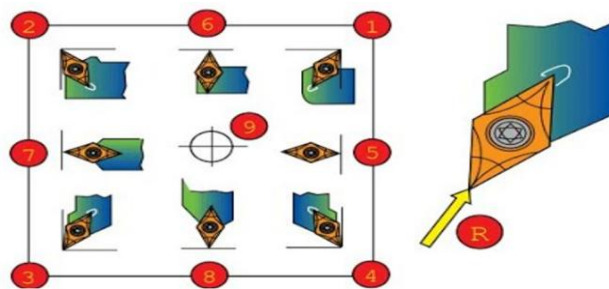
0.00 Mc | Nm

Çizgi

0.00 Power | kW

Şekil 5:
Kesme değerleri hesaplama aracı: a. Iscar (Iscar, 2026a), b. Walter (Walter Tools, 2026)

Hesaplamaların ardından kesici takımların magazine bağlanması ve ardından bir takımın referans takım olarak kabul edilmesi ile iş parçası referans noktasının G54-G56 komutu içerisine tanıtılması gerekmektedir. Bu işlem için genellikle kaba talaş kalemi kullanılmaktadır. Bu süreç tamamlandıktan sonra magazin belirlili bölümlerine bağlanan kesici takımlar sırasıyla ya iş parçası üzerinden ya da takım sıfırlama probu vasıtasıyla tezgâha tanıtılmaktadır (Haas CNC, 2026b). Böylece her bir takımın iş parçasına göre konumları tezgaha tanıtılmış olmaktadır. Tanıtım ardından kesici takımlara ait bilgiler Offset Settings → Offset → Geom sekmesi altında görünmektedir. Burada takımın sadece konum bilgileri değil uç yarıçapı (R) ve Şekil 6'da belirtilen takımın iş parçasına göre işleme konumu bilgisi de girilmektedir. Ardından, yazılacak programda kesici takıma verilecek koordinat değerlerine göre takımın doğru pozisyonlanmayı yapması sağlanmaktadır. Hatalı ya da hiç tanımlaması yapılmamış takımlar ile işlemler yapılması ciddi makine/donanım hasarlarına ve ciddi iş kazalarına sebebiyet verebilmektedir.



Şekil 6:
Kesici takım konumları (Yazılıdağ, 2021)

3. PARÇA PROGRAMI YAZMA

3.1. Genel Program Yapısı ve Kodlar

CNC torna tezgâhlarında programlar, ISO 6983'e dayalı G ve M kodlarından oluşur. G kodları takım hareketlerini, M kodları ise tezgâhın yardımcı fonksiyonlarını kontrol etmektedir. Fanuc 0i-T kontrol ünitesi, Tablo 4'teki G ve Tablo 5'teki M kodları kullanılarak imalat resmindeki parçanın üretimini gerçekleştirmektedir. Genel olarak bir CNC programı; program numarasının tanımlanması, temel bilgi satırının verilmesi (G21, G40, G90, G99), takım ve takım ofsetlerinin çağrılması (T0101), fener mili kontrolü için sabit devir veya sabit/değişken kesme hızı komutlarının kullanılması (G96/G97, S) ve talaş kaldırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi temel adımlardan oluşmaktadır. Konumlandırma hareketleri G00 ile, doğrusal talaş kaldırma işlemleri ise G01 doğrusal interpolasyon komutuyla yapılmaktadır. Parçanın profilinin kaba işlenmesinde G71, finiş işleminde ise G70 çevrimleri kullanılmaktadır. Yardımcı fonksiyonlar M kodlarıyla tanımlanmaktadır; soğutma sıvısı kontrolü (M08/M09), fener milinin çalıştırılması/durdurulması (M03/M04/M05) ve program sonlandırma (M30) bu kapsamda olan kodlardır. Ayrıca "N" harfi ile program içerisinde program satır numarası ifade edilmekte, "O" harfi ile program ismi tanımlanmaktadır. Bu genel yapı, CNC programının okunabilirliğini artırırken güvenli ve kararlı bir işlem akışı da sağlamaktadır. Fanuc 0i-T kontrol ünitesinde tüm bloklar yukarıdan aşağıya sıralı biçimde her satır sonuna ";" noktalı virgöl (End of block) konulması ile oluşmakta ve bu sıralamaya bağlı olarak yürütülmektedir.

Tablo 4. G kodları tablosu

G Kodu	Anlamı	G Kodu	Anlamı
G00	Kesici takımın hızlı (boşta) hareketi	G54	İş parçası sıfır noktası (Work Offset)
G01	Takımın talaş kaldırarak ilerlemesi	G55 – G59	Alternatif iş parçası sıfır noktaları
G02	Saat yönünde (CW) dairesel interpolasyon	G73	Yüksek hızlı gagalamalı delik delme
G03	Saat yönü tersi (CCW) dairesel interpolasyon	G74	Sol/ters kılavuz çekme
G04	Bekleme (dwell) komutu	G76	Hassas delik işleme / Çok pasolu diş açma
G15	Açısal koordinat iptali	G80	Delik delme çevrimleri iptali
G16	Açısal koordinat modu	G81	Delik delme çevrimi
G17	XY düzlem seçimi	G82	Delik delme (beklemeli)
G18	ZX düzlem seçimi (CNC torna için varsayılan)	G83	Gagalamalı delik delme
G19	YZ düzlem seçimi	G84	Kılavuz çekme
G20	İnç ölçü sistemi	G85	Rayba çekme
G21	Metrik ölçü sistemi	G86	Delik büyütme ve hızlı geri dönüş
G28	Referans noktasına dönüş	G87	Alttan delik büyütme
G31	Satır atlama komutu (skip function)	G88	Delik büyütme (el tamburu ile geri çekme)
G33	Diş açma komutu (thread cutting)	G89	Delik büyütme (delik sonunda beklemeli)
G40	Takım yarıçap telafisi iptali	G90	Mutlak (absolute) koordinat sistemi
G41	Takım yarıçap telafisi – sol	G91	Artımsal (incremental) koordinat sistemi
G42	Takım yarıçap telafisi – sağ	G94	İlerleme mm/dak
G43	Takım boy telafisi (+)	G95	İlerleme mm/devir
G44	Takım boy telafisi (-)	G96	Sabit kesme hızı (m/dak)
G51	Ölçeklendirme	G97	Sabit devir sayısı (dev/dak)
G98	Çevrim sonunda başlangıç Z seviyesine dönüş	G99	Çevrimde tanımlanan R seviyesine dönüş

Tablo 5’te M kodları verilmiştir; tezgâhın hazırlanması, çalıştırılması, durdurulması, kesme sıvısı kontrolü ve alt program gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Talaş kaldırmazlar ancak G kodlarıyla birlikte temel komutları oluştururlar. ISO 6983’e dayansalar da Fanuc, Siemens ve diğer tezgâh üreticileri (OEM) kendi sistemlerine özgü kod tanımlamaları yapabilmektedir. Bu nedenle bazı M ve özel çevrim kodları tezgâha göre farklılık gösterebilmekte; bu sebeple doğru kullanım için ilgili tezgâhın OEM programlama dokümanına başvurulmalıdır.

Tablo 5. M kodları tablosu

M Kodu	Anlamı	M Kodu	Anlamı
M00	Program durdurma	M05	Tezgah milini durdurma
M01	İsteğe bağlı durdurma	M06	Kesici takım değiştirme
M02	Program sonu	M08	Kesme sıvısı açma
M03	Tezgâh milini saat ibresinin yönünde (CW) döndürme	M09	Kesme sıvısı kapatma
M04	Tezgâh milini saat ibresinin tersi yönünde (CCW) döndürme	M10	Punta ileri
M11	Punta geri	M68	Ayna ayaklarını sıkma
M88	Ayna ayaklarını sıkma yönü, dıştan içe doğru	M69	Ayna ayaklarını açma
M89	Ayna ayaklarını sıkma yönü, içten dışa doğru	M30	Program sonu, başa dön
M98	Alt program çağırma	M99	Alt program sonu

Tablo 6’da farklı tezgâh üreticilerine göre farklılık gösteren bazı kod örnekleri verilmiştir. Bu sebeple program yazımından önce tezgâh hakkında bilgi sahibi olunması, üretici firma tarafından tezgâha tanımlanmış özel kodların bilinmesi gerekmektedir (Haas CNC, 2026a; Helman CNC, 2026; İstanbul Makine, 2026; Sinumerik, 2026).

Tablo 6. Tezgâh türüne göre M kodu değişimi

M Kodu	Mori Seiki	Doosan MX Serisi	Haas
M10	C Eksen mandren sıkma	Parça yükleyici ileri	Ayna sıkma
M11	C Eksen mandren çözme	Parça yükleyici geri	Ayna çözme
M88	Mil içi soğutma açık	C1-eksenli düşük basınç yakalama	Yüksek basınçlı soğutma sıvısı açma

Bu çalışmada oluşturulan CNC programı, Fanuc 0i-T kontrol ünitesini simüle edebilen SwanSoft CNC simülasyon yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. Program, CNC programlama eğitim kaynaklarında yer alan gerçek bir parça programına dayandırılmıştır. Hazırlanan program, simülasyon ortamında çalıştırılarak doğrulanmış; takım yolları, işleme sırası ve çevrimlerin doğruluğu analiz edilmiştir. Bu yaklaşım ile oluşturulan programın gerçek üretim koşullarına uygunluğu ve uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

3.2. Fanuc 0i-T Panel Üzerinde Program Yazımı

Fanuc 0i-T kontrol ünitesi, CNC torna programlarının oluşturulması ve yönetilmesi için kullanılan standart bir arayüz durumundadır. Çalışmanın bu bölümde kontrol panelinin tüm ayrıntılarına girilmeden, program yazım sürecinde operatörün bilmesi gereken temel iş akışı özetlenmiştir. Böylece okuyucunun, panel kullanımının temel mantığını edinmesi ve daha ayrıntılı çalışmaları kendi araştırmasıyla derinleştirmesi amaçlanmıştır.

Program oluşturma süreci, kontrol panelindeki dört temel çalışma modu üzerinden yürütülür: Program (PROG) modu, Edit (EDIT – Düzenleme) modu, Manual Data Input (MDI – Manuel veri girişi) ve Automatic (AUTO – Otomatik Çalıştırma) modu veya Memory (AUTO – Bellekten Çalıştırma). EDIT modu, programların oluşturulduğu ve düzenlendiği alandır; bu mod aktif olmadığı takdirde program satırları üzerinde değişiklik yapılamamaktadır. MDI modu, yalnızca

tek seferlik kısa komutların elle girilerek çalıştırıldığı bölümü oluşturmaktadır; kesici takım sıfırlama, fener milini manuel çalıştırılması veya güvenli hareket komutları bu modda verilebilmektedir. AUTO modu ise yazılmış programın simülasyon veya gerçek imalat şartlarında çalıştırıldığı işletim modunu ifade etmektedir. Şekil 7’de Fanuc kontrol paneli ve tuş takımı görülmektedir.



Şekil 7:
Fanuc Kontrol Paneli ve Tuş Takımı

Yeni bir program başlatmak istendiğinde PROG tuşu kullanılmaktadır. EDIT modunda iken PROG → NEW komutu ile “O” harfi ile başlamak koşuluyla istenilen numarada (ör. 00100) yeni bir program açılarak, program içerisine satırlar eklenmektedir. Program içinde kullanılacak her takımın (takım türüne bağlı olarak) boy ve yarıçap offsetleri OFFSET → GEOMETRY ekranında tanımlanır. İş parçası sıfırı ise OFFSET → WORK sekmesinde çalışma şartlarına uygun olan G54-G55-G56 altında bulunan X ve Z eksenleri için operatör tarafından ölçülerek girilir. Bu iki adım (tool offset + work offset), güvenli ve doğru bir program akışı için zorunlu olarak gerçekleştirilmelidir. Şekil 8’de gösterildiği üzere sırasıyla kesici takım ve iş parçası offset işlemleri gösterilmiştir.



Şekil 8:
Ofset Sayfası a) Kesici takım ofset sayfası b) İş parçası ofset sayfası

Fanuc 0i-T’de talaş kaldırma işlemleri temel G kodlarına dayanmaktadır. G00 talaş kaldırmadan hızlı konumlandırma, G01 doğrusal talaş kaldırma hareketi için kullanılmaktadır. Fener milinin çalışma şekli sabit devir (G97 S... M03) veya sabit kesme hızı (G96 S...) ile belirlenmektedir. Örnek parça geometrisinin işlenmesinde çoğunlukla kaba talaş çevrimi G71, finiş çevrimi ise G70 kullanılacaktır. Bu çevrimler, programın daha kısa, okunabilir ve güvenli bir yapıda oluşturulmasını sağlamaktadır. G71 çevrimi iki satırdan, G70 çevrimi ise tek satırdan oluşmaktadır. G70 çevrimi öncesinde programda kesici takım değişimi ve devir sayısı girişi

yapılarak, finiş işleminde iş parçası yüzeyinin R_a değerinin daha iyi olması sağlanabilmektedir. Benzer şekilde G74, G75 ve G76 çevrimlerinde de işlemeye uygun takım ve kesme parametreleri belirlendikten sonra yapılmaktadır. Çevrimlerin genel yapısını ve içerisinde barındırdıkları ifadelerin ne anlama geldiklerine bakacak olursak;

G71 U(1)... R... ; Silindirik boşaltma
 G71 P... Q... U(2)... W... F... ;
 G70 P... Q... ; Finiş Çevrimi
 U(1): Her pasodaki çapta kesme derinliği
 R: Her pasodan sonra geri çıkma miktarı
 P: Bitmiş profil başlangıç satır numarası
 Q: Bitmiş profil son satır numarası
 U(2): Çapta ince talaş miktarı
 W: Alında ince talaş miktarı
 F: İlerleme (mm/dev)
 G74 R... ; Delik delme çevrimi (Gagalama)
 G74 Z... Q... F... ;
 R: Geri çekilme miktarı
 Z: Toplam delik derinliği
 Q: Her pasoda dalma miktarı (mikron)
 F: İlerleme (mm/dev)
 G75 R... ; Kanal açma çevrimi
 G75 X... Z... P... Q... R(2)... F... ;
 R: Her pasodan sonra geri çıkma mesafesi
 X: Kanalda X eksen değeri (çap değeri)
 Z: Kanalin son Z konumu

P: Her pasoda dalma derinliği
 Q: Yana kayma
 R(2): Kanalin dip noktasında yana kayma (+ değer ilk pasoda da kayma, - değer ilk pasoda yana kaymaz)
 F: İlerleme (mm/dev)

G76 P(a)(b)(c) Q1... R...;Dış açma çevrimi
 G76 X... Z... P... Q2... F... ;
 (a): Finiş paso sayısı.
 (b): Vida sonu pahı
 (c): Dış açısı (Metrik 60°, Withworth 55°)
 Q1: Min. kesme derinliği
 R: İnce talaş payı
 X: Vida dış dibi çapı
 Z: Vida sonu Z değeri
 R2: Konik yüksekliği
 P: Vida derinliği (0,6495*f)
 Q2: İlk kesme derinliği
 F: Vida adımı

Belirtilen yapılar doğrultusunda örnek parça için oluşturulan G/M kodu parça programı aşağıda sunulmuştur, ayrıca satır yanlarında açıklamalarına da yer verilmiştir.

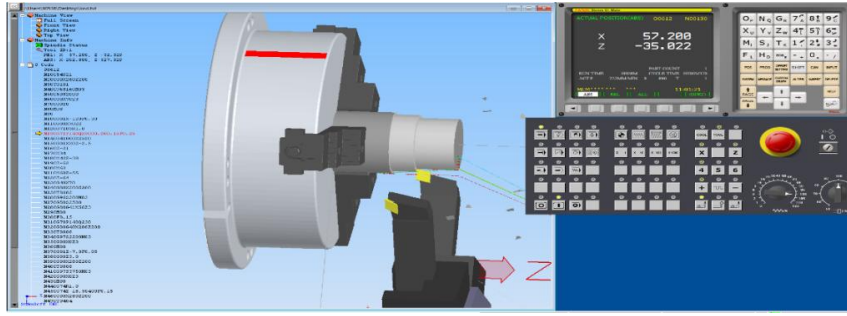
O2861; Program Adı (Parça: M30x1,5 Dış vida, Kanal ve delikli mil) (Malzeme: C45)
 N10 G54 G21 G40; (İş parçası sıfırı G54'e tanımlı, G21 Metrik, G40 Yarıçap telafi iptal)
 N20 G00 X280 Z200; (Güvenli mesafe, takım değiştirme konumu)
 N30 M06 T0101; (Alın + Dış çap kaba tornalama (PCLNR 2525M12 + CNMG 120404 P30))
 N40 G96 S160 M03; ($S \approx 180$ m/dak, Kaba tornalama)
 N50 G50 S2000; (Maksimum devir sayısı)
 N60 G00 X70 Z3;
 N70 G00 Z0;
 N80 M08; (M08 Kesme sıvısını aç)
 N90 G95; (f = mm/dev)
 N100 G01 X-1 Z0 F0.30;
 N110 G00 X70 Z2; (Alın Temizleme)
 N120 G71 U1.0 R1.0; (Silindirik talaş boşaltma çevrimi)
 N130 G71 P140 Q230 U0.2 W0.15 F0.25;
 N140 G42 G00 X25 Z0; (Yarıçap Uç Telafisi Sağ, Dış Çap Profil)
 N150 G01 X30 Z-2.5;
 N160 Z-21;
 N170 X34;
 N180 X42 Z-38;
 N190 Z-52;
 N200 X62;
 N210 X68 Z-55;

N220 Z-67;
N230 G40 X70;
N240 G00 X280 Z200;
N250 M06 T0202 (3) Dış Çap Finiş Tornalama (SVJBR 2525M11 + VBMT 110304-PF 4415)
N260 G96 S200 M03; (S ≈ 160 m/dak, Finiş Tornalama)
N270 G50 S2500;
N280 G00 G42 X56 Z3; (Yarıçap Uç Telafisi Sağ, Dış Çap Profil)
N290 M08;
N300 F0.15; (G70 için f değeri)
N310 G70 P10 Q20;
N320 G00 G40 X280 Z200;
N330 M06 T0303 (4) (Punta Deliği (DIN 333-A HSS Punta Matkap D1=4/D2=10))
N340 G97 S2200 M03; (V_c ≈ 28 m/dak, D ≈ 4 mm -> n ≈ 2200 dev/dak)
N350 G00 X0 Z3;
N360 M08;
N370 G01 Z-7.0 F0.05;
N380 G00 Z3.0;
N390 G00 X280 Z200;
N400 M06 T0404 (5) Ø8,5 mm Delik Delme (Ø8,5 Karbür Matkap)
N410 G97 S3750 M03; (V_c ≈ 100 m/dak, D=8,5 mm -> n ≈ 3750 dev/dak)
N420 G00 X0 Z3;
N430 M08;
N440 G74 R1.0;
N450 G74 Z-18.5 Q400 F0.15;
N460 G00 X280 Z200;
N470 M06 T0505 (6) Kanal açma (MGEHR 2525-3 + MGMN 300 M)
N480 G97 S1600 M03; (V_c ≈ 150 m/dak, D ≈ 30 mm -> n ≈ 1600 dev/dak)
N490 G00 X31 Z-18.2;
N500 M08;
N510 G75 R1.0; (Kanal açma çevrimi)
N520 G75 X23.0 Z-21.0 P2000 Q2250 F0.08;
N530 G00 X280 Z200;
N540 T0606 (7) Dış vida açma (M30x1,5) (AVR 25-3C + 16ER 1.5 ISO)
N550 G97 S320 M03; (V_c ≈ 30 m/dak, D ≈ 30 mm -> n ≈ 320 dev/dak)
N560 G00 X30.5 Z2;
N570 M08;
N580 G76 P021060 Q100 R200;
N590 G76 X28.376 Z-17 P812 Q400 F1.5;
N600 G00 X280 Z200;
N610 G00 X280 Z200 M09;
N620 M30; (M30 Program sonu)
%

3.3. Program Simülasyonu ve Doğrulama

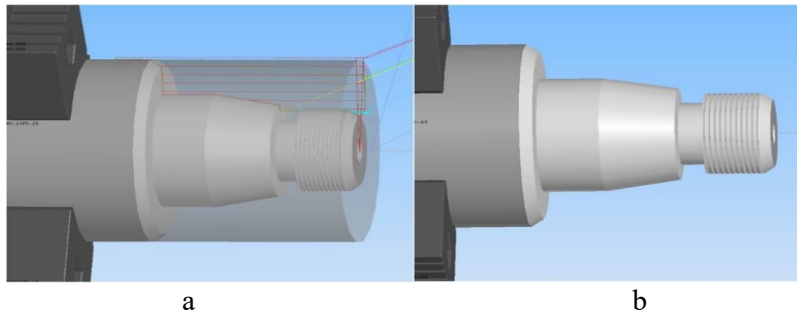
Yazılan program, tezgâh üreticisinin sunduğu bilgilere göre değişebileceğinden belirli bir tezgâh adı verilmemiştir; küçük düzenlemelerle farklı tezgâhlara uyarlanabilir. Takımlar magazine yerleştirilirken çalışma sırasında çarpışma riskine karşı konumlandırmaya dikkat edilmeli, işlem sırasında boşta olan takımların aynaya temas etmemesi sağlanmalıdır. Bu nedenle takım yerleşimi ve numaralandırması doğru yapılarak programa uygun şekilde tanımlanmalıdır. Aksi halde hatalı üretim, iş kazası veya programın çalışmaması gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bazı Fanuc 0i-T tabanlı tezgâhlarda Şekil 9'da görüleceği üzere M06 komutu aktif değildir; takım

değişimi yalnızca T0101 formatıyla yapılır ve bu durum OEM yapılandırmasından kaynaklanmaktadır. M06 tanımlı değilse simülasyonda hata oluşmaktadır. Bu nedenle önce simülasyon, ardından programın Single Block (Adım adım ilerleme) modunda satır satır çalıştırılması önerilmektedir. İlk gerçek çalıştırmada ise Dry Run (talaş almadan boş çalışma) kullanılmalı, hızlı hareketler %25–50'ye düşürülmeli ve ilerleme değeri kademeli artırılmalıdır. Bu yöntem, yaklaşma hareketleri ve eksen limitlerine yakın bölgelerde oluşabilecek hataların parçaya veya tezgâha zarar vermeden tespit edilmesini sağlayarak özellikle yeni başlayan operatör ve öğrenciler için güvenli bir öğrenme ortamı oluşturmaktadır. İlk numune üretiminde kritik geçiş noktalarına M00/M01 komutları eklenerek takım yolu görsel olarak kontrol edilebilir ve program adım adım doğrulanabilir. Simülasyon sonrası üretilen ilk parça, ölçü, tolerans ve yüzey kalitesi açısından kontrol edilmeli; özellikle kritik çap, kanal, derinlik ve vida profilleri ölçülmelidir. Bu sonuçlara göre takım ofsetleri ve kesme parametreleri düzeltilerek nihai işleme koşulları belirlenir ve seri üretim öncesi güvenilirlik sağlanmış olacaktır.



Şekil 6:
Swansoft CNC Simülasyon ekranı

İlk numunenin sorunsuz elde edilmesinin ardından program, Memory modu aktif edilerek Cycle Start komutuyla otomatik çalıştırılmaktadır. Bu aşamada tezgâh seri üretime geçmektedir. Otomatik parça sürücü sistemi bulunan tezgâhlarda üretim kesintisiz sürdürülmekte; manuel parça değişiminde ise operatör tarafından sök-tak işlemi yapılarak üretime devam edilmektedir. Firma kalite kontrol biriminin belirlediği periyotlarda veya operatör kontrolüne bağlı olarak takım aşınmaları izlenmekte; gerekli düzeltmeler Offset Settings → Wear bölümünden ofset ayarı yapılarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 10'da takım yolları ve bitmiş parça profili gösterilmektedir. Program sırasında göre sıfırlamaları yapılan kesici takımlar, atanan koordinatlar doğrultusunda hareket ederek talaş kaldırmakta ve imalat resmine uygun parça elde edilmektedir.



Şekil 7:
Tamamlanmış iş parçası a. Takım yolları b. Tamamlanmış profil

3.4. İmalat Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İmalat sürecinin değerlendirilmesi, hem parça kalitesi hem de takım aşınması açısından kapsamlı analiz gerektirmektedir. Literatürde yüzey kalitesi, takım aşınması, işleme süresi ve kesme sıvısının etkisi gibi pek çok çalışma bulunmaktadır (Aslan, 2021; Elsheikh ve diğ., 2025; Jachak ve diğ., 2021; Khan ve diğ., 2022; Maneesh ve diğ., 2023; Patel ve diğ., 2021; Yaka, 2019). İlk numune üzerinde yapılan ölçüm ve kalite kontrol işlemleri, CNC programının doğruluğu ile seçilen kesme parametrelerinin uygunluğunun değerlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, teknik resimde verilen nominal ölçü ve toleranslara göre dış çap, alın yüzeyi, konik geçişler, kanal ölçüleri ve vida profili; dijital kumpas, mikrometre ve masterlar ile kontrol edilmektedir. Finitş tornalama sonrası yüzey pürüzlülüğü uygun cihazlarla ölçülmekte; R_a değerlerinin imalat resminde belirtilen maksimum yüzey pürüzlülüğü sınırını aşmadığı doğrulanmaktadır. Gerekli durumlarda vida dişleri optik ölçüm cihazlarıyla kontrol edilerek kalite doğrulanmaktadır. Ayrıca işleme sırasında talaş formu, kırılma davranışı, yüzey izleri ve kesici uç aşınması operatör tarafından izlenmektedir. CNMG 120404 veya VBMT 110304-PF uçlarda kırılma, çentiklenme ya da titreşim kaynaklı bozulma tespit edildiğinde işlem durdurularak takım değişimi yapılmaktadır. Bu kontroller, hatalı üretimin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Kaba ve finitş geçişlerinde eksen stabilitesi, takım rijitliği ve titreşim seviyesi izlenmektedir. Ayrıca magazine hatalı yerleştirme, yanlış yaklaşma açısı veya uygunsuz parametreler kesici takımında tırlamaya neden olabilmektedir (Neseli ve Yaldiz, 2007; Orak ve Türkeş, 2006). Bu durum yüzey kalitesini düşürmekte ve kesici takımın hızlı aşınmasına yol açmaktadır. Vida tornalamada G76 çevrimiyle elde edilen dış dibi çapı, adım doğruluğu ve profil açısı hem master hem karşı somun ile kontrol edilerek uyum doğrulanmaktadır. Delme sonrası eksen kaçıklığı, yüzey kalitesi ve çap toleransı değerlendirilmekte; DIN 6537'e uygun karbür matkabın C45 malzemede önerilen parametrelerle stabil çalıştığı teyit edilmektedir. Tüm ölçüm ve gözlemler birlikte analiz edilerek kesme parametreleri, takım kombinasyonu ve program yapısının parçanın geometrik gerekliliklerini sağladığı ve sürecin güvenli biçimde ilerlediği doğrulanmaktadır. Bu aşamada CNC programı nihai hâline getirilerek seri üretime hazır duruma getirilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu teknik notta, Fanuc 0i-T kontrollü CNC torna tezgâhlarında programlama süreci uygulamalı bir örnek üzerinde sistematik biçimde ele alınmıştır. Çalışma kapsamında; tezgâh hazırlığı, takım-tutucu seçimi, C45 malzeme için kesme parametrelerinin belirlenmesi, ilgili G/M kodlarının kullanımı, çevrimlerin uygulanması, simülasyon ve doğrulama adımları bütünsel bir yaklaşımla sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, CNC programlamanın yalnızca kod yazma sürecinden ibaret olmadığını; doğru takım seçimi, uygun kesme parametreleri, takım ve iş parçası ofsetlerinin doğru tanımlanması ve simülasyon kontrollerinin üretim kalitesi üzerinde belirleyici olduğunu göstermiştir. Örnek parça üzerinden gerçekleştirilen işleme adımları incelendiğinde, seçilen takım kombinasyonlarının yüzey kalitesi, boyutsal doğruluk ve talaş kontrolü açısından eğitim ve üretim amaçlı uygulamalara uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca G71–G70 çevrimleri ile kaba/finitş talaş kaldırma süreçleri sadeleştirilmiş; G74, G75 ve G76 çevrimlerinin, sırasıyla delik delme, kanal açma ve vida açma operasyonlarında programı belirgin biçimde yalınlaştırdığı belirlenmiştir. Simülasyon, Single Block ve Dry-Run kontrollerinin ise olası çarpışma, ofset hatası, yön hatası ve uygunsuz kesme parametresi gibi riskleri minimize ettiği okuyucuya sunulmuştur. Bu bulgular ışığında, CNC torna programlamaya yeni başlayan öğrenciler, atölye uygulamalarına yönelik hazırlanan eğitimler ve sektörde operatörlük deneyimi kazanmak isteyen bireyler için şu öneriler sunulabilir:

*Program yazımına geçmeden önce takım ofsetleri ve iş parçası sıfırının doğru tanımlandığından emin olunmalıdır; bu adımlar CNC programının doğruluğunun temelini oluşturmaktadır.

*Kullanılan kesici uç geometrisi aynı olsa bile üreticiler arasında geniş kesme hızı ve ilerleme

aralıkları bulunduğu için, uç kalitesi ve talaş kırıcısına özel katalog değerleri dikkate alınmalı, tek tip bir değer yerine güvenli aralıklarla başlanmalıdır.

*G71, G70, G75 ve G76 gibi çevrimlerin temel mantığı iyi anlaşılmalı; özellikle geçiş koordinatları, talaş payları ve finiş değerleri dikkatle tanımlanmalıdır.

*İlk parça üretimi sırasında Single Block ve Dry-Run modları kullanılmalıdır.

Takım aşınması periyodik aralıklarla kontrol edilmeli ve aşınma ofseti (wear offset) değerleri düzenli şekilde güncellenmelidir.

Bu teknik notun kapsamı temel bir yol haritası sunmak üzere oluşturulduğundan, operatör ve öğrencilerin kesici takım geometrileri, takım tutucu tipleri, Fanuc 0i-T panel fonksiyonları, çevrim komutları ve kesme parametrelerinin optimizasyonu gibi konularda daha ileri düzey kaynakları incelemesi tavsiye edilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma CNC torna programlama sürecini uygulamalı bir örnek üzerinden bütüncül yaklaşımla açıklayarak, eğitim ve üretim ortamlarında referans alınabilecek bir temel çerçeve sunmaktadır. Hazırlanan bu yapı hem akademik eğitimin hem de sektör uygulamalarının daha sistematik yürütülmesine katkı sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadır.

YAZAR KATKISI

Çalışmanın tamamında kavramsal süreçler, literatür araştırmaları, makalenin yönetimi, düzenlenmesi ve son olarak onaylanması aşamasında tek yetkili Erman AYDIN'dır.

KAYNAKLAR

1. Abdullah, A. S. S., Zalita, F. A. S., Elshibani, M. M. N. ve Alshamili, N. S. E. (2024) Improving traditional cutting processes by Using CNC machines, *Azzaytuna University Journal*, 52, 442–454. <https://doi.org/10.35778/jazu.i55>
2. Akkurt, M. (2020) *Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgahları ve Üretim Otomasyonu*, Birsen Yayınevi.
3. Aslan, A. (2021), Tornalama parametrelerinin kesme sıcaklığı ve krater aşınması üzerine etkilerinin deneysel olarak araştırılması, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(1), 109–118. <https://doi.org/10.46810/tdfd.830053>
4. Britannica, (2026). Machine Tool. Erişim Adresi: <https://www.britannica.com/technology/machine-tool> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
5. Dawang Metals, (2026). Orta Karbonlu Çelik: Özellikler, Uygulamalar ve Kullanım Alanları. Erişim Adresi: <https://dawangmetals.com/tr/resources/medium-carbon-steel/> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
6. Elsheikh, A. H., Omer, M. A. E., Eladawy, M. A., Sheriff, M. H., Shalaby, M. M. E. ve El-Kassas, A. M. (2025) Sustainable turning of AISI 316 stainless steel using copper oxide nanoparticle-enriched sunflower oil: Experimental evaluation and machine learning-based prediction of surface roughness. *Results in Engineering*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106921>

7. Esteves Correia, A. ve Davim, J. P. (2011) Surface roughness measurement in turning carbon steel AISI 1045 using wiper inserts. *Measurement*, 44(5), 1000–1005. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.01.018>
8. Fan, H., Liu, C., Bian, S., Ma, C., Huang, J., Liu, X., Doyle, M., Lu, T., Chow, E., Chen, L., Fuh, J. Y. H., Lu, W. F. ve Li, B. (2025) New era towards autonomous additive manufacturing: a review of recent trends and future perspectives. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 7(3). <https://doi.org/10.1088/2631-7990/ada8e4>
9. Fanuc, (2026a). CNC Turning Applications. Erişim Adresi: <https://www.fanuc.eu/eu-en/application/cnc-turning> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
10. Fanuc, (2026b). Series 0i-MODEL CNC Systems. Erişim Adresi: <https://www.fanuc.eu/eu-en/0i-f-plus-premium-standard-fanuc> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
11. Fortune Business Insights, (2026). Computer Numerical Controls (CNC) Machine Tools Market. Erişim Adresi: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/computer-numerical-controls-cnc-machine-tools-market-101707> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
12. Gavas, M. (2019). *CNC Tekniği ve Teknolojisi*. Seçkin Yayıncılık.
13. Grand View Research, (2026). CNC Machining And Turning Centers Market (2024–2030). Erişim Adresi: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cnc-machining-turning-centers-market-report> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
14. Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (4th ed.)*. Pearson.
15. Gülesin, M., Güllü, A., Avcı, Ö. ve Akdoğan, G. (2006), *CNC Torna ve Freze Tezgâhlarının Programlanması (2. Baskı)*. Asil Yayıncılık.
16. Haas CNC, (2026a). Lathe M-codes. Erişim Adresi: <https://www.haascnc.com/tr/service/online-operator-s-manuals/lathe-operator-s-manual/lathe---m-codes.html> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
17. Haas CNC, (2026b). Automatic Tool Presetter. Erişim Adresi: <https://www.haascnc.com/productivity/probe-system/atp.html> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
18. Helman CNC, (2026). Mori Seiki G-codes and M-codes. Erişim Adresi: <https://www.helmancnc.com/mori-seiki-g-codes-and-m-codes/> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
19. Iscar, (2026a). Calculation of Cutting Conditions and Parameters. Erişim Adresi: <https://mpwr.iscar.com/Turning/MachiningPower/Longitudinal/StraightEdge> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
20. Iscar, (2026b). Turning Indexable Inserts. Erişim Adresi: <https://webshop.iscar.nl/catalogue/product/1903542> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
21. ISO 1832:2017. Indexable inserts for cutting tools — Designation. Geneva: International Organization for Standardization.

22. ISO 513:2012. Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges — Designation of the main groups and groups of application. Geneva: International Organization for Standardization.
23. ISO 5608:2012. Tool holders for turning and copying, for indexable inserts — Dimensions. Geneva: International Organization for Standardization.
24. ISO 6983-1:2009. Automation systems and integration — Numerical control of machines — Program format and definitions of address words — Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems. Geneva: International Organization for Standardization.
25. İstanbul Makina, (2026). CNC Torna Tezgahları için G ve M Kodları. Erişim Adresi: <https://www.istanbulmakina.com.tr/cnc-torna-tezgahlari-icin-g-ve-m-kodlari/> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
26. Jachak, S., Giri, J., Awari, G. K. ve Bonde, A. S. (2021a) Surface finish generated in turning of medium carbon steel parts using conventional and adhesive bonded tools, *Materials Today: Proceedings*, 43, 2882–2887. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.127>
27. Khan, S. A., Ameer, M. F., Uddin, G. M., Ali, M. A., Anwar, S., Farooq, M. U. ve Alfaify, A. (2022) An in-depth analysis of tool wear mechanisms and surface integrity during high-speed hard turning of AISI D2 steel via novel inserts, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 122(9), 4013–4028. <https://doi.org/10.1007/S00170-022-10151-0>
28. Korloy, (2026). Turning Tools Catalogue. Erişim Adresi: [https://www.korloy.com/tr/ebook/2025-2026_TURNING\(TR\)/](https://www.korloy.com/tr/ebook/2025-2026_TURNING(TR)/) (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
29. Krar, S. F., Gill, A. ve Smid, P. (2001). *Computer Numerical Control Simplified* (1st ed.). Industrial Press Inc.
30. Maneesh, K., Shan, M., Xavier, S., Vinayak, M. B. ve Shafeek, M. (2023). Quality characteristic optimization in CNC turning of aluminum bronze by using Taguchi's approach and ANOVA. *Materials Today: Proceedings*, 80, 620–628. <https://doi.org/10.1016/J.matpr.2022.11.059>
31. MIT Museum, (2026). A Numerically Controlled Milling Machine. Erişim Adresi: <https://mitmuseum.mit.edu/collections/object/1990.036.001> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
32. Neseli, S. ve Yaldiz, S. (2007) The effects of approach angle and rake angle due to chatter vibrations on surface roughness in turning, *Journal of Polytechnic*, 10(4), 383–389.
33. Onaran, K. (2010). *Malzeme Bilimi (12. Baskı)*, Bilim Teknik Yayınevi.
34. Orak, S. ve Türkeş, E. (2006). Tornalamada ortogonal kesme için tırlama titreşimi ve kararlılığın lineer analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 89-108.
35. Ovalı, İ. ve Mavi, A. (2014). *Talaşlı İmalatta Kullanılan CNC Tezgâhların Programlanması*. Gökçe Ofset.
36. Patel, R., Patel, S., Patel, P., Parmar, P. ve Vohra, J. (2021) Optimization of machining parameters for EN8D carbon steel by Taguchi's orthogonal array experiments in CNC turning, *Materials Today: Proceedings*, 44, 2325–2329. <https://doi.org/10.1016/J.matpr.2020.12.409>

37. Peterka, J., Kuruc, M., Kolesnyk, V., Dehtiarov, I., Moravcikova, J., Vopat, T., Pokorny, P., Jurina, F. ve Simna, V. (2023) Selected aspects of precision machining on CNC machine tools. *Machines*, 11(10), 946. <https://doi.org/10.3390/MACHINES11100946>
38. Sağlam Metal (2017). *Çelik Rehberi*. VDEh Çelik Enstitü.
39. Sandvik Coromant, (2026). How to Choose Correct Turning Insert. Erişim Adresi: <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/general-turning/how-to-choose-correct-turning-insert> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
40. Savaşkan, T. (2012). *Malzeme Bilgisi ve Muayenesi* (6. Baskı). Celepler Matbaacılık.
41. Sinumerik, (2026). Sinumerik Handbook: G-codes and M-codes on Turning. Erişim Adresi: <https://share.google/dj5uGP5br8oOanPik> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
42. Smid, P. (2021) *CNC Programming Handbook (3rd ed.)*, Industrial Press Inc.
43. Şahin, N. (2014) *Makine Teknolojisi: CNC Teknolojisine Giriş*. Kendi yayını.
44. Takımsaş, (2026a). Takımsaş Dış Tornalama Takımları İçin ISO Kodlama Sistemi. Erişim Adresi: <https://share.google/IDieSkM48mgAsgFaL> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
45. Takımsaş, (2026b). Ürün Kataloğu. Erişim Adresi: <https://share.google/eYltTa0dBNobUKor6> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
46. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2012). CNC Tornada Programlama.
47. Töre, C. (2007), *Mekanik Tasarımda Çelik ve Özellikleri*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası.
48. Walter Tools, (2026). ISO Turning Operations. Erişim Adresi: <https://mac.walter-tools.com/#content/turningOp> (Erişim Tarihi: 09.02.2026)
49. Xu, X. (2017) Machine Tool 4.0 For the new era of manufacturing, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(5–8), 1893–1900. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0300-7>
50. Yaka, M. (2019). AISI 1040 çeliğinin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün istatistiksel incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya.
51. Yazılıdağ, M. (2021). *CNC Torna Programlama*. Teknik Yayıncılık Anonim Şirketi.