

DEĞİŞKEN SICAKLIK KONTROLLÜ KALIPLAMA

*Serkan Öğüt, Aykut Kentli, **Hikmet Nazım Ekici

serkan.ogut@marmara.edu.tr, akentli@marmara.edu.tr, hnekici37@hotmail.com

*Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

**Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Plastik malzeme ile üretimde en çok kullanılan imalat yöntemlerinden birisi enjeksiyonlu kalıplamadır. Bu yöntem sayesinde başta plastik olmak üzere metal ve seramik malzemelerden çeşitli boy ve ebatlarda, diğer yöntemlerle üretilmesi daha pahalı olan karmaşık yapıdaki parçalar kolayca üretilebilmektedir. Fakat bu tekniğin kullanımında ortaya çıkan bazı problemler sonucunda üretilen parçalar istenilen kaliteye her zaman ulaşamamaktadırlar. Bu problemler kalıbın sürekli olarak aynı sıcaklıkta tutulmasından dolayı meydana gelmektedir. Bu çalışmada, enjeksiyon kalıplamadaki bu problemleri ortadan kaldırmak üzere geliştirilmiş yeni bir üretim tekniği olan değişken sıcaklık kontrollü kalıplama tanıtılacaktır.

1.GİRİŞ

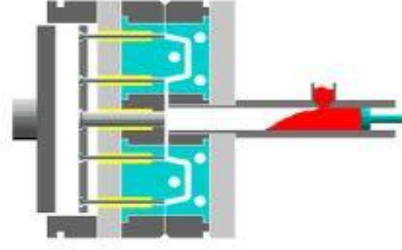
Enjeksiyon kalıplama, plastiğin eritilmiş halde bir kalıba basınç uygulanarak gönderilmesi, şekillendirilmesi ve soğuduktan sonra kalıptan çıkarılmasıyla sonuçlanan bir imalat tekniğidir. Bu teknik sayesinde çok küçük boyutlarda ve kompleks yapıda parçalar üretilebilir. Enjeksiyonlu kalıplama tekniği seri üretim açısından en elverişli tekniklerden birisidir ki yaygın oluşunun en büyük nedenlerinden birisi de budur. Enjeksiyon kalıplama yöntemi genel olarak dört aşamadan meydana gelir. Bunlar sıkıştırma, doldurma, katılaştırma ve çıkarma evreleridir. [1]

- **Sıkıştırma Evresi:** Bu aşamada dişi kalıp ve erkek kalıp birbirine tutturularak kapatılır. Şekil 1. de kalıbın kapatılması gösterilmektedir.



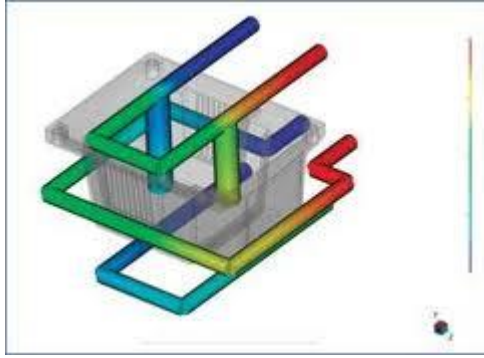
Şekil 1. Kalıbın kapatılması [2]

- **Doldurma Evresi:** Bu evrede erimiş durumdaki malzeme basınç yardımıyla kalıba gönderilir. Şekil 2. de kalıba erimiş haldeki malzemenin enjekte edilmesi gösterilmektedir.



Şekil 2. Kalıba erimiş malzemenin enjekte edilmesi [3]

- **Katılaştırma Evresi:** Bu evrede kalıp soğumaya bırakılır ve bu şekilde içerisindeki malzeme sertleşir. Şekil 3' te kalıbın soğutulması gösterilmektedir.



Şekil 3. Kalıbın soğutulması [4]

- **Çıkarma Evresi:** Bu evre son evredir ve artık şekillendirilmiş parça kalıbı açmak suretiyle çıkarılır. Şekil 4' te parçanın kalıptan çıkarılması gösterilmektedir.



Şekil 4. Kalıptan malzemenin çıkarılması [5]

Geleneksel enjeksiyonlu kalıplama tekniği kullanılarak üretilen ürünlerde yüzeyde akış izleri, birleşme izleri parça içerisinde ise yüksek iç gerilme ve çatlaklar meydana gelmektedir. Bu kusurlar kalıbın bütün üretim aşamalarında hemen hemen aynı sıcaklıkta olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple malzeme dolumundan sonra kalıbın soğutulması çok gerekli bir hale gelmiştir.

2.KALIP SOĞUTMA

Kalıplama işleminde plastiğin eritilip kalıba doldurulması için verilen ısı, kalıba konduktan sonra sertleşme evresinde geri alınır. Plastik malzemenin kalıp içine enjeksiyonu malzeme cinsine bağlı olarak yaklaşık 200 sıcaklıklarda yapılmaktadır. Böylece malzeme kalıba doldurulduğunda kalıbın ortalama sıcaklık değeri yükselmiş olmaktadır. Soğutma işlemi enjeksiyon çevriminin en uzun zamanını oluşturmaktadır, bundan dolayı en kısa sürede kalıptan yüksek miktarda ısı çekilmesi amaçlanmaktadır. Üretim aşamasında kalıpların soğutulması enjeksiyonla kalıplama işleminde soğutma açısından en optimum sonuçları veren yöntemdir. Bu sayede soğutma süresi daha kısa tutulacak ve kapasite kullanımı artırılmış olacaktır. Plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma işlemi, kalıbın çeşitli yerlerine açılan deliklerden devamlı su akımıyla sağlanmaktadır. Soğutma sıcaklığı, iş parçasının ölçüsüne, biçimine ve kullanılmakta olan malzemenin cinsine bağlıdır. Soğutmanın verimi açısından , soğutma suyunun sıcaklığı ve debisi kadar önemli olan bir diğer parametre ise kalıbın tasarımıdır. İyi bir sonuç almak için homojen bir soğutma sistemi tasarlanmalıdır. Böylece kalıp içerisindeki herhangi iki nokta arasındaki sıcaklık en aza indirgenmiş olur. Böylece üretilen parçada çekme sonucu oluşan çarpılmalar da en aza indirgenir.

[6]

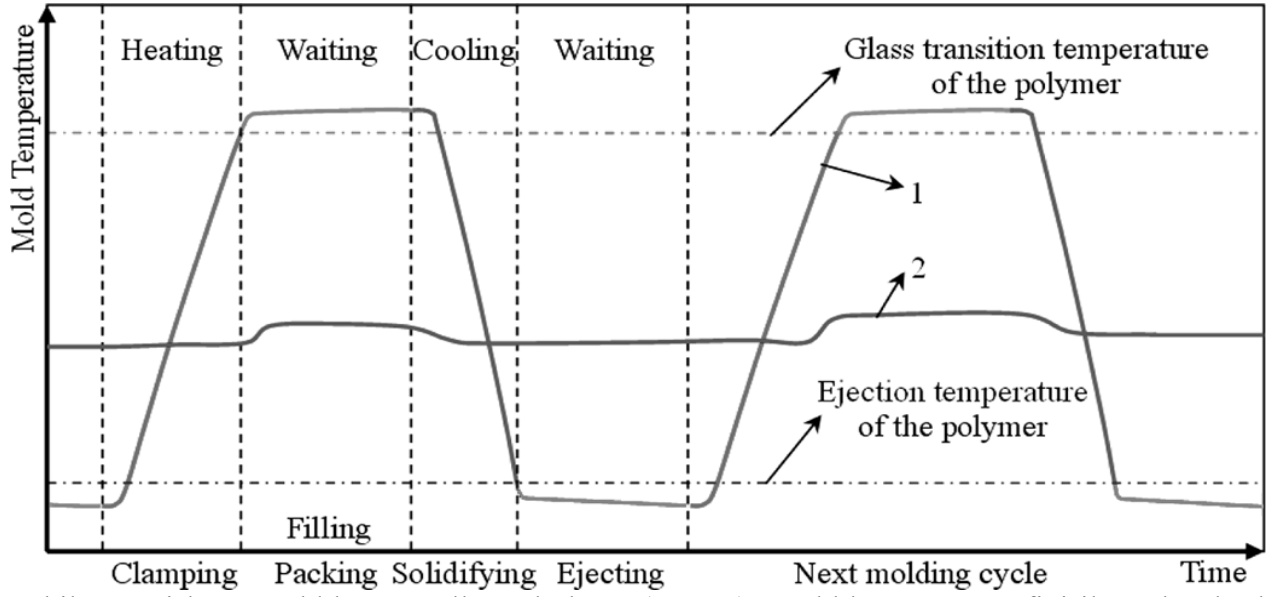
Konu ile ilgili geniş açıklama farklı kaynaklardan elde edilebilir. [6]

Kalıp soğutma ile ilgili yapılan çalışmalar sonucu üretim hızını artıran ve hataları minimize eden değişken sıcaklık kontrollü kalıplama (DSKK) yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada, geliştirilen bu yöntemin çalışma prensibi ve avantajları anlatılacaktır.

3. DEĞİŞKEN SICAKLIK KONTROLLÜ KALIPLAMA'NIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Değişken sıcaklık kontrollü kalıplama (variotherm molding), kalıp sıcaklığının derecesini değiştirerek kalıplama işleminin verimini artırmayı amaçlayan bir imalat yöntemidir. Kalıplama işleminde kalıp sıcaklığı yüksek tutulduğunda üretilen parçanın yüzey kalitesi yüksek olmaktadır fakat kalıbın soğuma süresi uzayacaktır. Bu durum birim zamandaki üretim maliyetini artırmaktadır. Bunu engellemek amacıyla kalıp sıcaklığı düşük tutulursa kalıplama işleminin süresi düşecektir fakat bu sefer de parçanın yüzey kalitesi düşecektir. [7] Bu amaçla variotherm molding zamanı ve yüzey kalitesini optimum seviyeye taşımak amacıyla geliştirilmiştir. Bu amaca ulaşmak için kalıp sıcaklığı dinamik bir şekilde değiştirilir ve bu değişiklikleri sağlamak amacıyla dinamik kalıp sıcaklığı kontrol sistemi kullanılması gerekmektedir.

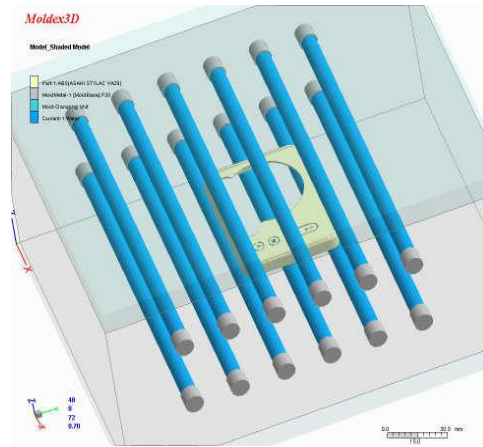
Daha önce kalıplama işleminin dört aşamada gerçekleştiğini belirtmiştik. Variotherm molding için de bu dört aşama aynen geçerlidir. Fakat bu aşamalar sıcaklık değişimi açısından da isimlendirilmiştir. Bu aşamalar Şekil 5' de görüldüğü üzere ısıtma(heating), sabit tutma(waiting), soğutma(cooling) ve sabit tutma(waiting) aşamalarıdır.



Şekil5. Değişken Sıcaklık Kontrollü Kalıplama (DSKK) Sıcaklık-Zaman Grafiği ile Geleneksel Kalıplama İşleminin Sıcaklık-Zaman Grafiğinin Karşılaştırılması [8]

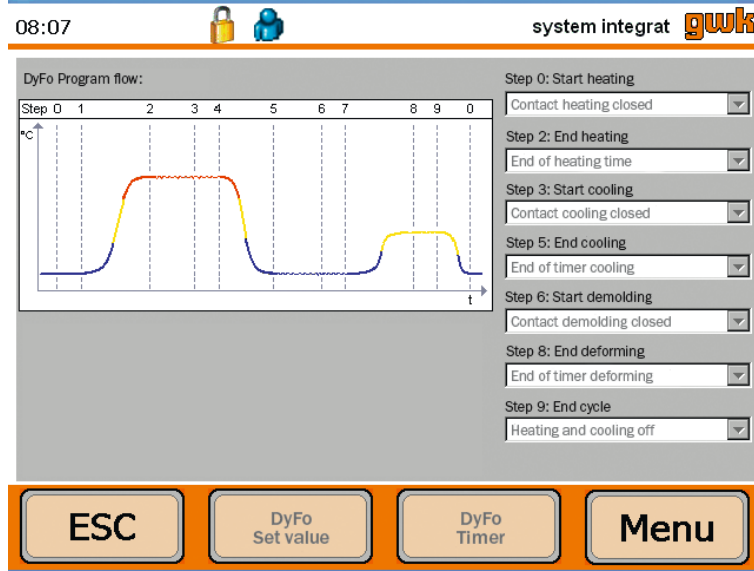
Şekil 5’ de görüldüğü gibi sıkıştırma ya da diğer adıyla ısıtma aşamasında henüz erimiş hammadde kalıba gönderilmeden kalıp hammaddenin erime sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Doldurma aşamasında ise kalıbın sıcaklığı sabit tutulur. Böylece doldurma aşamasında malzemenin daha düzgün bir akışa sahip olması sağlanmış olur ve malzemenin kalıp içerisine homojen bir şekilde dağılması sağlanır. Katılaştırma evresine geçildikten sonra kalıp hızlıca soğutulur ve parça çıkmaya hazır hale gelir. Çıkarma işlemi boyunca sıcaklık sabit tutulur. Kalıp açılarak içinden parça çıkarılır. Böylece bir çevrim tamamlanmış olur ve diğer çevrim için kalıp tekrar ısıtılmaya başlanır. [8]

Bu sıcaklık değiştirme işlemleri Şekil 6’ da görüldüğü üzere ısıtma ve soğutma kanalları sayesinde gerçekleştirilmektedir. Isıtma ve soğutma işlemleri için aynı kanallar kullanılmaktadır ve bu işlemler sırayla uygulanmaktadır. Isıtma işlemi için kanallara yüksek sıcaklıktaki su buharı gönderilir. Soğutma işlemi için ise su tercih edilir.



Şekil 6. Kalıp içerisindeki ısıtma ve soğutma kanalları [9]

Daha önce bahsedildiği gibi, verimli bir kalıplama işlemi için dinamik bir kalıp sıcaklığı kontrol sistemi kullanılmalıdır. (Şekil 7’ de bir dinamik sıcaklık kontrol ünitesi sisteminin kontrol panosu görülmektedir.) Bu sistem sayesinde her kalıplama çevriminde su buharı ve soğutma suyu sırasıyla aynı kanallar vasıtasıyla kalıp içerisinde dolaştırılarak kalıp ısıtılmakta ya da soğutulmaktadır. [9]



Şekil 7. Dinamik Kalıp Sıcaklığı Kontrol Sisteminin Kontrol Paneli [10]

Kontrol sisteminin çalışması basitçe şu şekilde anlatılabilir; Bütün kalıplama çevrimi kalıbın açılması için gönderilen sinyalle başlamaktadır. Kalıp açıldığında, yüksek sıcaklıktaki su buharı kalıbın içindeki kanallara gönderilmektedir. Kalıp yüzeyi yeterli sıcaklığa ulaştığında bir sinyal gönderilerek buhar dolaşımı sona erdirilir. Bu sırada kalıp kontrol sisteminden enjeksiyon kalıplama sistemine bir sinyal gönderilir ve böylece erimiş hammadde kalıp boşluğuna enjekte edilir. Kalıbın doldurulması işlemi bittikten sonra soğutma suyu kalıba gönderilir ve kalıp hızlıca soğutulur. Kalıp yeterince soğutulduktan ve içindeki malzeme katılaştıktan sonra soğutma suyu dolaşımı sona erdirilir. Soğutma işlemi sona erdikten sonra kalıp açılır ve içerideki parça çıkarılır. Bu esnada kalıp sıcaklığı sabit tutulur. Çıkarma işleminden sonra kalıp kapatılır ve sıradaki çevrim için ısıtılır. [8]

Değişken sıcaklık kontrollü kalıplama tekniğinin araştırılması ve geliştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Wang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada değişken sıcaklık kontrollü kalıplama tekniğinde ısıtma amaçlı olarak 180 deki doymuş su buharı, soğutma amaçlı olarak 18 deki su kullanılmıştır. Buharın kalıbın ısıtılmasında ve suyun kalıbın soğutulması konusunda gerekli sıcaklıklara makul sürelerde ulaşmak için yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda kalıbın optimum sıcaklığa kadar ısıtılması için gereken süre 40 saniye olarak ölçülürken parçanın çıkarılması için gerekli olan sıcaklığa kadar soğutulması gereken süre 34.5 saniye olarak ölçülmüştür. Kalıp yapısı ve malzemesi gibi ana parametrelerin ısıtma-soğutma işlemlerine etkisi de araştırılmıştır. Son olarak 46 inçlik LCD panel üretimi için variotherm

DSKK üretim hattı kurulmuştur. Bu çalışmada geliştirilen kalıp sıcaklığı kontrol sisteminin, çevrim süresini artırmadan kalıp sıcaklığını dinamik bir şekilde kontrol ettiği görülmüştür.[8] Chiou ve arkadaşlarının DSKK üzerine yaptıkları çalışmada bilgisayar destekli mühendislik yazılımlarıyla kalıp sıcaklığı kontrol sistemi simüle edilmiştir ve diğer değişken sıcaklık kontrollü kalıplama proseslerinin termal özellikleri ele alınmıştır. Sonuç olarak, kalıbın spesifik alanlarındaki sıcaklık datalarının görüntülenmesi yardımıyla ısıtma ve soğutma sürelerinin optimize edilmesi sonucu, variotherm prosesinin optimize edildiği gözlenmiştir.[9]

Chen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, gaz yardımcı kalıp sıcaklığı kontrol sistemi ile soğutma suyu kullanan kontrol sistemi kombine edilerek kalıp yüzeyinin sıcaklığının dinamik bir şekilde kontrol edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan ölçümlerde gaz akış kapasitesi arttıkça kalıp sıcaklığının değişim hızının arttığı da görülmüştür. [7]

4. DEĞİŞKEN SICAKLIK KONTROLLÜ KALIPLAMA'NIN AVANTAJLARI

Değişken sıcaklık kontrollü kalıplamanın geleneksel kalıplama işlemine göre avantajları şunlardır:

- Kalıbın soğutulma süresi geleneksel kalıplama işlemine göre daha azdır. Böylece birim zamandaki maliyet düşer.
- Çekme sonucunda oluşan çarpılma riski daha azdır.
- Üretilen parçaların yüzey kalitesi daha yüksektir.
- Üretilen parçalarda yüzey bitirme işlemlerine ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca yansıma yapmayan yüzeyler de elde edilmektedir. (Şekil 8' de otomobillerde kullanılan devir göstergeleri yer almaktadır. Soldaki gösterge Değişken sıcaklık kontrollü kalıplama yöntemiyle elde edilmiştir. Sağdaki gösterge ise geleneksel kalıplama işlemi ile elde edilmiştir.)
- Üretilen parçalarda akış izi ya da birleşme izine rastlanmaz.
- Enjeksiyon basıncı ve kalıbın kapatılması için gereken kuvvet geleneksel yöntemle göre daha düşüktür. [11]



Şekil 8. DSKK yöntemi ile üretilen gösterge (yansıma yapmıyor) ve geleneksel kalıplama yöntemi ile üretilen gösterge (yansıma yapıyor) [10]

5. UYGULAMA ALANLARI

Değişken sıcaklık kontrollü kalıplama henüz yeni bir teknik olduğu için kullanımı çok yaygın değildir. Fakat dökümle ya da enjeksiyonla kalıplama işlemi ile üretim yapılan her alanda tercih edilebileceği için endüstrinin birçok alanında kullanılabilir. Özellikle otomotiv endüstrisi bu imalat tekniğine çok açık olarak görünmektedir.

Bu yöntemle yakından ilgilenen

Gesellschaft Wärme Kältetechnik kalıp soğutma ve kalıp sıcaklığı kontrol sistemleri üzerine çalışan bir Alman firmasıdır.

SINGLE Temperiertechnik kalıp sıcaklığı kontrol teknolojileri, soğutma teknolojileri, açık ve kapalı çevrim sıcaklık kontrol sistemleri ve alternatif sıcaklık kontrol sistemleri üzerine çalışan bir Alman firmasıdır.

6. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yeni bir üretim tekniği olan değişken sıcaklık kontrollü kalıplama anlatılmıştır. Bu tekniğin geleneksel kalıplama tekniği yerine kullanılması durumunda hem maliyetin düşürülebileceği hem de zamandan tasarruf edileceği ayrıca daha kaliteli ürünler elde edilebileceği üzerinde durulmuştur. İlerleyen zamanda, işlerinin büyük kısmını enjeksiyon kalıplamanın oluşturduğu şirketler ve firmaların bu tekniği daha fazla tercih edebileceği ve bu sayede değişken sıcaklık kontrollü kalıplama yönteminin daha da yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir.

7. KAYNAKÇA

[1] www.cncteknoloji.net

[2] www.turkiyemakine.com

[3] www.varolgroup.com.tr

[4] www.biltem.com

[5] www.millutensil.com

[6] FRITERM, Plastik endüstrisinde soğutma sistemleri ve uygulamaları, Friterm A.Ş. Teknik Yayını, Nisan 2011, İstanbul

[7] Shia-Chung Chen , Pham Son Minh, Jen-An Chang, Gas-assisted mold temperature control for improving the quality of injection molded parts with fiber additives, International Communications in Heat and Mass Transfer 38 (3) (2011) 304–312

[8] Guilong Wang, Guoqun Zhao, Huiping Li, and Yanjin Guan, Research on a New Variotherm Injection Molding Technology and its Application on the Molding of a Large LCD Panel, Polymer Plastics Technology and Engineering, 2009, Vol 48; Number 7, pp. 671-681

[9] Yan-Chen Chiou, Hung-Chou Wang, Hsien-Sen Chiu, Chau-Kai Yu, Wen-Hsien Yang, and Rong-Yeu Chang, Thermal Feature of Variotherm Mold in Injection Molding Processes, SPE ANTEC Tech. Paper, 2009, pp. 2491 –2495.

[10] GWK, Process leading mold temperature control, www.gwk.com

[11] SINGLE Temperierteknik and Sauer Product , Alternating Temperature Technology, <http://www.single-temp.de>, www.sauerproduct.com , Press Release SINGLE at Fakuma 2009: Hall A3, Stand 3102