

DOĞRU KALIPLAMA

ENJEKSİYON KALIPLAMA TASARIMI VE ÜRETİMİ ZORLUKLARINI AŞAN ANALİZLER

White Paper



ÖZET

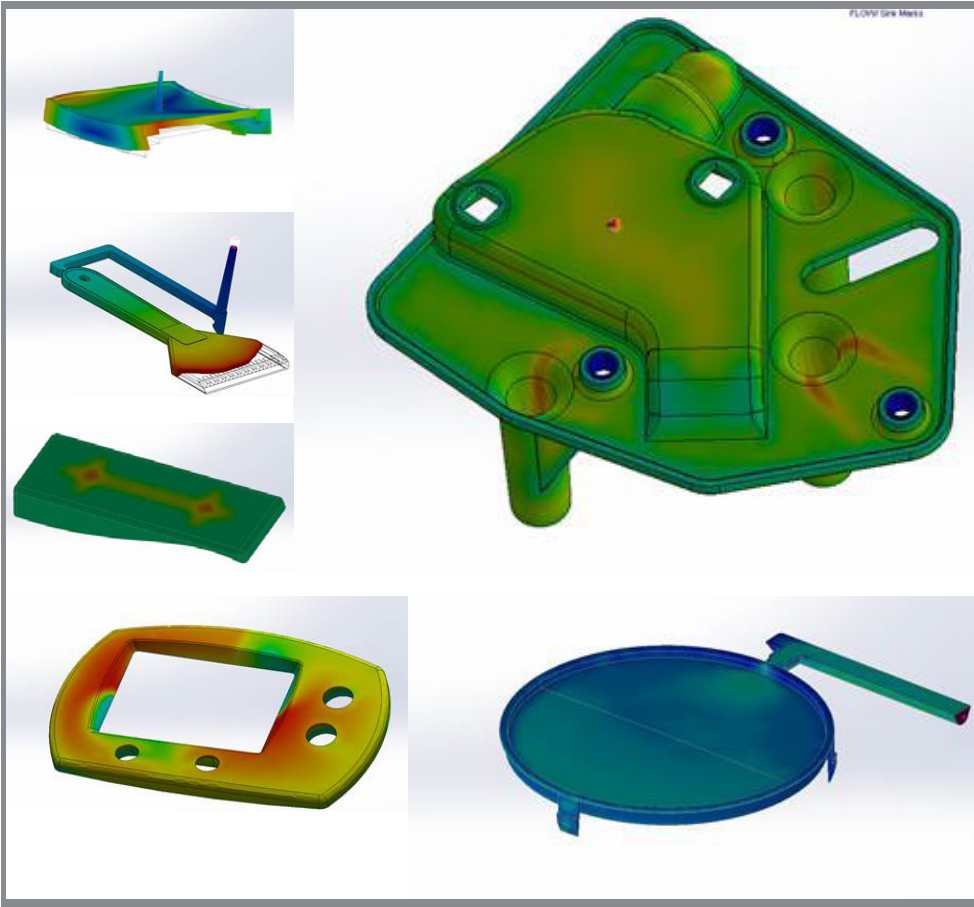
Enjeksiyon kalıbıyla üretilen parçalara sahip ürünlerin üreticileri, SOLIDWORKS® Plastics yazılımıyla doğru kalıplama analizlerini yaparak tasarım ve alet oluşturma zorluklarını aşabilir. Enjeksiyon kalıplama uzmanları, üretilebilirliği artırmak için zaman alan ve yüksek maliyetli prototip oluşturma ve alet değişiklikleri yerine bu çözümü kullanarak, süreçten zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken eş zamanlı olarak kaliteyi de artırabilir. Dassault Systèmes, dünyanın önde gelen plastik mühendisliği araştırma merkezlerinden biri olan Massachusetts Lowell Üniversitesi ile kalıplama analizi tahminlerini gerçek fiziksel testlerle karşılaştırmayı hedefledikleri bir proje başlattı. Projenin amacı SOLIDWORKS Plastics analizlerinin doğruluğunu göstermek ve uygulamanın enjeksiyon kalıbıyla üretilen parçaların tasarımı ve üretimini hızlandırmak üzere kullanıma uygun olduğunu doğrulamaktı. Bu White Paper'da doğru SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizlerinin, enjeksiyon kalıbıyla üretilen parçalar ve aletler geliştirmeyi kolaylaştırabildiğini kanıtlayan proje bulguları incelenmektedir.

DOĞRU KALIPLAMA ANALİZLERİYLE ZAMANINDA VE UYGUN MALİYETLİ ENJEKSİYON KALIPLAMA ELDE EDİN

Daha hafif parçalar. Daha az hurda. Daha uygun fiyatlı malzemeler. Daha fazla tasarım esnekliği. Bu hususlar, üreticilerin yeni ürünler geliştirirken plastik malzemeleri giderek daha fazla tercih etmesinin ve enjeksiyon kalıplama üretme süreçlerinin geçtiğimiz elli yılda neden giderek daha fazla büyüdüğüne nedenlerinden bazılarıdır. Plastik enjeksiyon kalıplama üretimi, düğmeler ve taraklar gibi basit ürünler üretmek için niş bir uygulamayken, otomotiv, medikal ve havacılıktan tüketici ürünleri, oyuncak ve ambalaja kadar birçok sektörde giderek daha karmaşık hale gelen çeşitli bileşenler ve ürünler üretmeye yönelik stratejik ve sofistike bir sürece dönüştü.

Günümüzün önde gelen üreticilerinin çoğu geleneksel olarak işlenen metal parçalar yerine daha iyi alternatifler üretmek için plastik malzemelere yöneldikçe, plastik parçaların yüzde 80'inden fazlası enjeksiyon kalıbıyla üretilmek zorunda olduğundan, enjeksiyon kalıplama süreçlerinin verimliliği ve kalitesi de kritik bir önem kazandı. Enjeksiyon kalıplama teknolojisini kullanmaya başlayan üreticilerin sayısı arttığından, enjeksiyon kalıbıyla daha hızlı ve tutarlı bir şekilde daha uygun maliyetli, kaliteli parçalar üreten şirketler benzersiz bir rekabet avantajı kazanıyor.

Kısa bir süre öncesine kadar, enjeksiyon kalıplama üretimine yönelik parça ve alet tasarımı geliştirmek için deneme yanılma yöntemiyle olası üretim kusurlarının ortadan kaldırılmasını amaçlayan uğraştırıcı ve tekrarlayan bir prototip oluşturma süreci gerekiyordu. Bu yaklaşım üreticilerin hava hücreleri, boşluklar, yanlış yerleştirilmiş ayırım çizgileri, küçülme, şekil bozulması, yüzey izleri, yapısal zayıflıklar ve büyük parça deformasyonu gibi kusurlara neden olabilecek üretilebilirlik ve alet sorunlarını çözmelerini sağlayarak süreçte zaman ve maliyet tasarrufu yapılmasına olanak tanıyor. Enjeksiyon kalıbıyla üretilen bileşenleri ve aletleri geliştirmeyi kolaylaştırmak için asıl gereken, doğru ve sanal bir ortamda deneme yanılma yöntemiyle desteklenen prototip oluşturma sürecini yürütme becerisidir.



SOLIDWORKS Plastics'te tanımlanan plastik parça tasarımı hatalarının örnekleri. Saat yönünde: çökme izleri, yırtılma gerilimleri, eşit olmayan soğutma, çökme izleri, eksik dolum ve bükülme.

Enjeksiyon kalıbıyla kaliteli parçalar üreten aletler oluşturma süreci çeşitli değişkenler içerir. Kalıba enjekte edilecek erimiş plastiğin ve kalıbın optimum sıcaklığı nedir? Soğutma kanalları bu sıcaklıkları desteklemek için yeterli midir; değilse bunlar nasıl yapılandırılmalıdır? Belirli bir tasarım için kullanılacak en iyi termoplastik malzeme nedir? Dolum ve ambalaj işlemlerini kolaylaştırmak için plastik malzeme hangi basınçla ve akış hızında kalıba enjekte edilmelidir? Çıkarma işleminden önce katılaşmasını sağlamak için parçanın kalıpta ne kadar süreyle bırakılması gerekir? Ek parçalar, yan işlemler, ek enjeksiyon kapakları, ikincil faaliyetler veya yenilikçi soğutma kanalı yerleşimleri gibi özel aletler döngü sürelerini kısaltır mı veya kusurları ortadan kaldırır mı?

Bunlar, kalite sorunlarını en aza indiren aletler üretmek için plastik parça tasarımcıları, kalıp üreticileri ve enjeksiyon kalıplama üretimi uzmanlarının yanıtlaması gereken sorulardır ve prototip kalıbı yinelemelerinin gerekli olmasının nedenleridir. Enjeksiyon kalıplama uzmanlarının üretimi etkileyen kaç adet değişkenin dolum, soğutma ve belirli bir parçayı çıkarmayı etkilediğini tahmin etmek için bir yöntemi olsaydı, tekrarlayan prototip oluşturma ile ilişkili zaman ve para yatırımı yapmaları gerekmezdi. Bu nedenle doğru kalıplama analizleri, enjeksiyon kalıbıyla kaliteli parçaları üretmek için gereken doğru değişken kombinasyonunu bilgisayar yazılımında keşfetmeye yönelik olarak aynı deneme yanılma süresini desteklediğinden çok avantajlıdır çünkü bilgisayar yazılımında keşfetmek, hem daha hızlı hem de daha az maliyetlidir.

Ürün tasarımcıları doğru kalıplama analizini kullanarak tasarım estetiğiyle üretilebilirlik arasında denge kurabilir, kalıp üreticileri prototip kalıplar oluşturmada aletleri optimize edebilir ve üretim uzmanları çalıştırma döngüleri kısaltabilir; hepsi bir araya geldiğinde ise zamandan tasarruf sağlanır, maliyetler azaltılır ve kalite artar. Geleneksel kalıp prototipi oluşturma sürecinden kaçınmanın en önemli faktörü, kalıplama analizlerinin doğruluğudur.

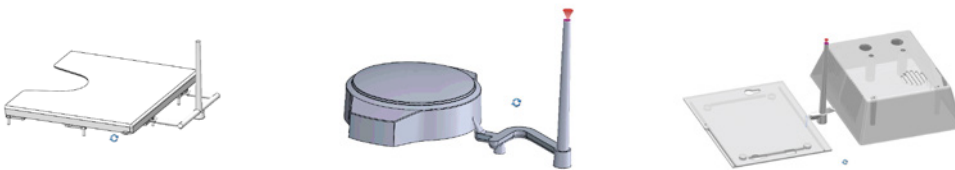


SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizi doğruluğu etütleri, Massachusetts Lowell Üniversitesi'ndeki ünlü Plastik Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülmüştür ve şu üç parçayı üretmek için kullanılan kalıpları kapsamaktadır: tipik bir elektronik muhafaza, medikal bir ürün için bir kapak ve radon dedektör muhafazası.

Resim, Routsis Training izniyle kullanılmıştır
<http://www.traininteractive.com>

Çeşitli Plastik Parçalarda Kalıplama Doğruluğu Etütleri

Dassault Systèmes, SOLIDWORKS Plastics yazılımıyla yapılan kalıplama analizlerinin yüksek doğruluk oranını göstermek için Massachusetts Lowell Üniversitesi'ndeki ünlü Plastik Mühendisliği Bölümü'nden (UMass Lowell) özellikle şu üç parça ve kalıp tasarımının üzerinde bir dizi fiziksel deney yapılmasını istedi: tipik bir elektronik muhafaza, medikal bir ürün için bir kapak ve bir radon dedektör muhafazası. Bu kalıplar, etüdün kapsamını genişletmek ve etüdün sonuçlarını içeri aktarmak için uygun çeşitliliğe ve benzersiz özelliklere sahip olmaları nedeniyle seçildi.



Plastik enjeksiyon kalıplama sistemleri farklılık gösterse de hepsi, enjeksiyon/ısıtma, kalıp kapama, kalıp ve kontrol sistemleri içerir.

Proje, lazer tabanlı cihazlar, hassas saatler ve dolum, ambalajlama, soğutma ve bükülme ile ilgili sıcaklık, süre, kalıp kapama güçleri, basınçlar ve akış hızları gibi önemli değişkenleri belgelemek için makine okumalarını kullanırken bu üç kalıptan parçaları çıkarmayı içeriyordu. Eksik dolumlar, kapak dengesizlikleri, kapak donması, kaynak çizgileri, yapısal zayıflıklar, dolum değişikliği ve şerit kalıbı çıkarma sorunları ile ilgili deneyler de yapıldı. Deneysel çalışma, UMass Lowell'daki Profesör Stephen Johnston tarafından Arburg ve Sumitomo enjeksiyon kalıplama makineleri kullanılarak gerçekleştirildi.

Bu fiziksel deneylerin bulguları daha sonra, kullanılan enjeksiyon kalıplama makinesiyle eşleşecek şekilde ayarlanan parametreler ile SOLIDWORKS Plastics tarafından tahmin edilen sonuçlarla karşılaştırıldı. Karşılaştırma, analiz ile gerçek sonuçlar arasında yakın bir bağıntı (yüzde ± 10 sınırları içinde) olduğunu gösterdi. Bu bulgular, SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizi yazılımını enjeksiyon kalıbıyla üretilmiş parçalar ve aletler geliştirmeyi kolaylaştırmak ve hızlandırmak için kullanmanın verimliliğini doğruladı.

Elektronik Parça Muhafazası

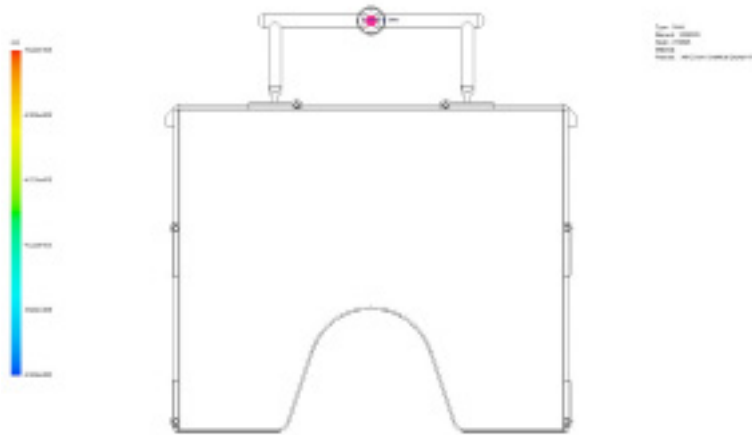
Elektronik parça muhafazalarında, çift kapaklı kalıp bir polipropilen plastikte dolduruldu. Deneyde soğutma, dolum, ambalajlama ve bükülme sırasında önemli değişkenleri belgelemenin yanı sıra çift kapak yaklaşımıyla ilişkili kaynak çizgilerinin konumu ve bunların yapısal bütünlüğe etkileri karşılaştırıldı ve kalıbın nasıl dolduğunu doğrulamak için bir dizi eksik dolum yapıldı.

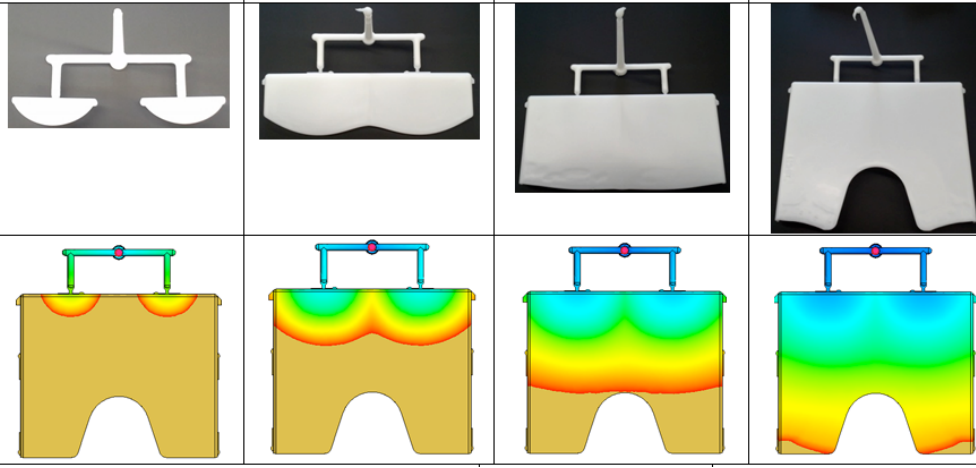


Elektronik parça muhafazasını üretmek için kullanılan kalıpta sıcaklık tekdüzeliğini kontrol etmek için soğutma kanalları bulunmaktadır.

Soğutma sistemi, 240,6°C döküm deliği girişi sıcaklığını kalıp çukurundaki iki farklı konumda 32°C ve 34°C'ye indirir. SOLIDWORKS Plastics yazılımıyla yapılan analiz, bu iki konumdaki sıcaklıkların sırasıyla 34°C ve 32°C olacağını tahmin etmişti.

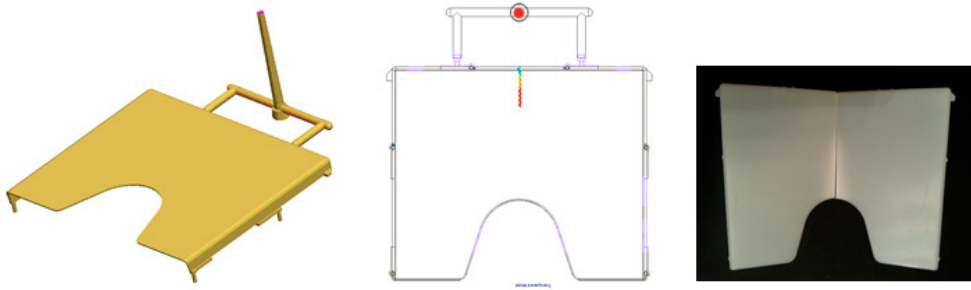
Ardından UMass Lowell, plastiğin kalıbın içine nasıl aktığını doğrulamak için kullanılan malzeme miktarını değiştirerek bir dizi eksik dolum yaptı. Şekil 1'de gösterildiği gibi bu eksik dolumlarla elde edilen analiz sonuçları, eksik dolum yapılmış gerçek parçalarla neredeyse aynıdır.





Şekil 1.

SOLIDWORKS Plastics yazılımıyla yapılan analizler, çıkarılan parçadaki bir kaynak çizgisinin konumunu tahmin ederek olası bir yapısal zayıflığa dikkat çekti. Aslında gerçek parça, kaynak çizgisinden kırılma eğilimindedir (bkz. Şekil 2).



Şekil 2.

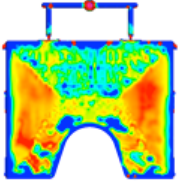
Fiziksel deneyde ambalajlama sırasında malzeme katılaştığında ve kalıbı doldurmaya devam etmeyi engellediğinde kapak 1 ile 2 saniye arasında donar. SOLIDWORKS Plastics analizi, kapak donmasının dolum sona erdikten 1,7 saniye sonra gerçekleştiğini göstermişti (bkz. Şekil 3).



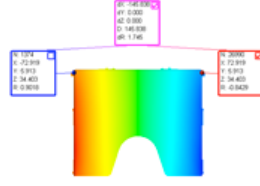
Şekil 3.

Etütte, bükülmeyi önlemek amacıyla, kalıptan çıkarmanın ardından küçülmeyi kıyaslamak için iki ayrı ölçülendirmeye (bkz. Şekil 4) bakıldı. SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizi tahminleri ile gerçek sonuçlar arasında yine yakın bir bağıntı bulundu.

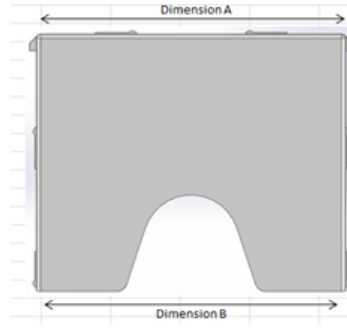
Part	Test	SOLIDWORKS Plastics
Dimension A	0.7 %	1.2 %
Dimension B	1.2 %	1.3 %



shrinkage after packing



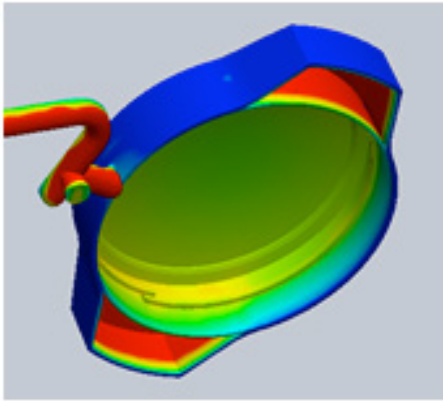
X-shrinkage after warping



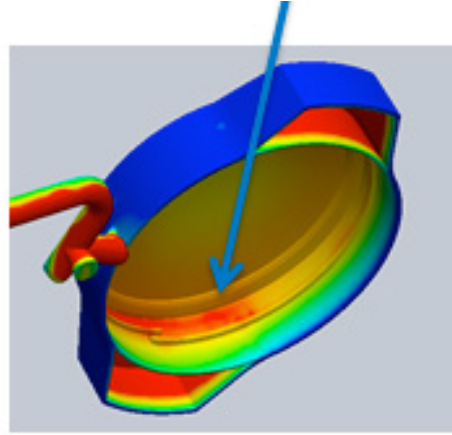
Şekil 4.

Medikal Ürün Kapağı

Medikal ürün kapağı kalıbının benzersiz özellikleri arasında berilyum bakır (Be-Cu) çekirdekli bir ek parça kullanılarak şerit kalıbı çıkarma sorunlarını ortadan kaldırmaya yardımcı olması özelliği de yer alır. Bu parçada ters açılı ve parça hâlâ yumuşakken çıkarılması gereken dişler bulunur ve bunlar, sıcaklık tekdüzeliğini çok önemli hale getirmektedir. Şekil 5'te gösterildiği gibi SOLIDWORKS Plastics analizleri, Be-Cu ek parça olmadan sadece bir çelik kalıp kullanmanın, tekdüze olmayan sıcaklık dağılımlarına neden olarak parçayı çıkarırken dişli kırılmasına yol açabileceğini gösterdi. Be-Cu ek parça kullanmak, tam olarak SOLIDWORKS Plastics yazılımının desteklediği alet değiştirme türüdür.



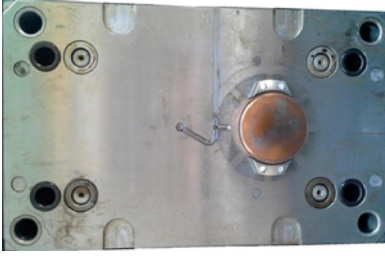
Be-Cu Insert



Steel Only

Şekil 5.

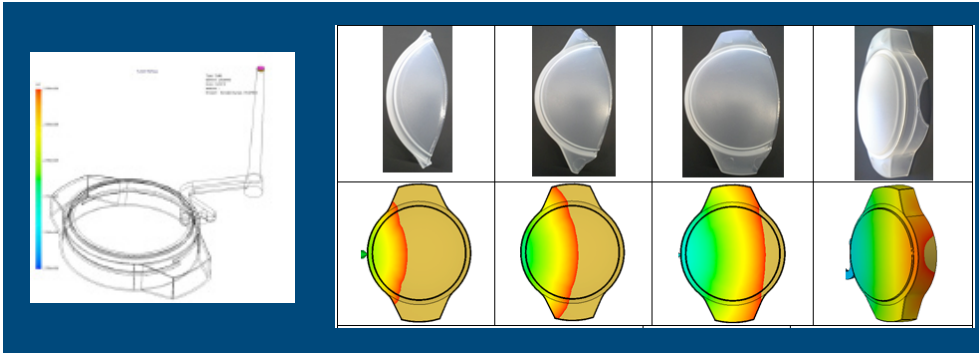
Medikal ürün kapakları için Be-Cu ek parçalı bir pimli kapak kalıbı, bir polipropilen plastik (bkz. Şekil 6) doldurulmuştur. Etütte soğutma sırasında sıcaklık, ambalajlama sırasında kapak donma süresi incelendi ve kalıbın nasıl dolduğunu doğrulamak için bir dizi eksik dolum yapıldı.



Şekil 6.

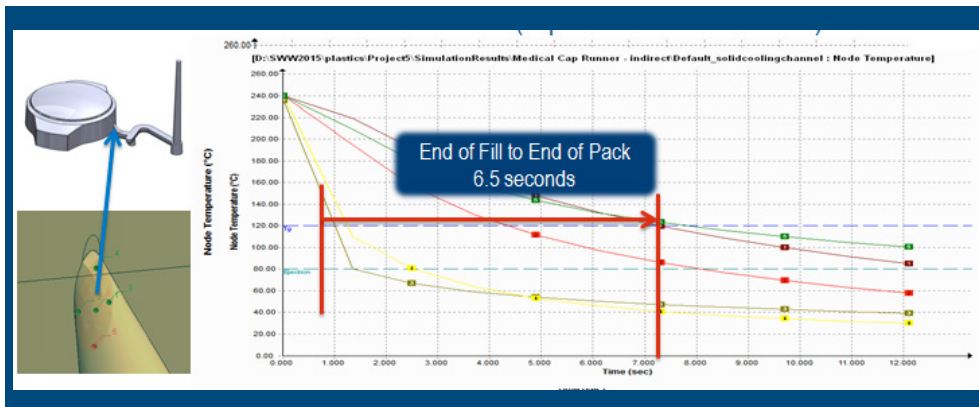
Fiziksel deneyde, soğutma sırasında Be-Cu ek parçanın çevresindeki çeşitli konumlarda 28°C ile 32°C arasında değişen bir sıcaklık tespit edildi. SOLIDWORKS Plastics analizleri, bu tasarımdaki aynı konumlarda 28°C ile 35°C arasında değişen sıcaklıklar tahmin etmişti. Bu analiz sonuçlarının doğruluğu, parçayı hala sıcakken aletten çekmek için gereken Be-Cu ek parça ihtiyacınız ve tekdüze sıcaklık dağılımını doğrular.

UMass Lowell, kalıbın SOLIDWORKS Plastics analizleri tarafından tahmin edildiği gibi dolup dolmadığını incelemek için yine kalıbın içine enjekte edilen malzeme miktarını değiştirerek bir dizi eksik dolum yaptı. Şekil 7'de gösterildiği gibi SOLIDWORKS Plastics analiz sonuçları kalıbın gerçekteki dolumuna çok yakındır.



Şekil 7.

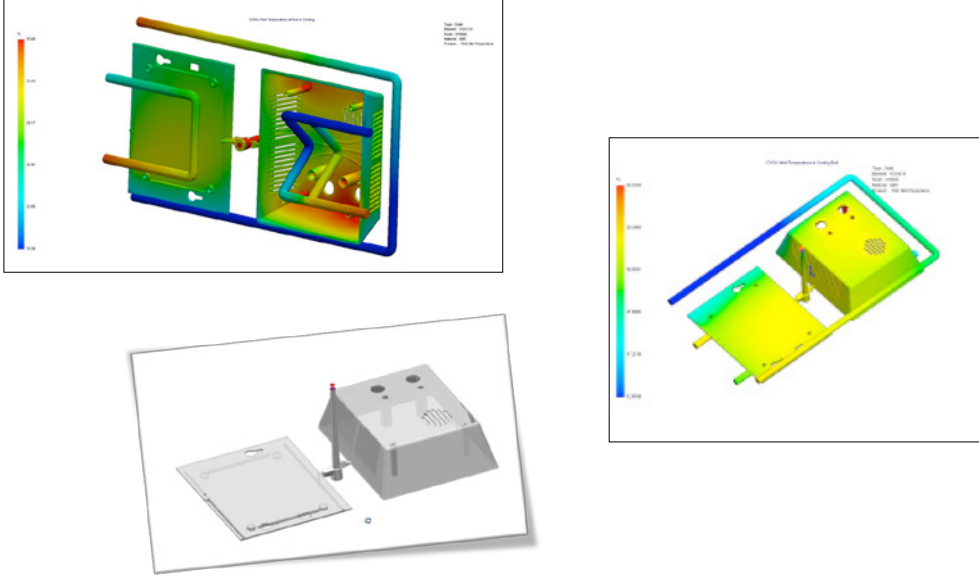
Aynı zamanda bu deneyde, dolumun tamamlanmasından sonra kapağın donması veya paketin sonlandırılması için geçen zaman da göz önünde bulunduruldu. Fiziksel test, kapağın beş ile altı saniye arasında donduğunu gösterdi. SOLIDWORKS Plastics analizleri, kapak donmasının dolum sona erdikten 6,5 saniye sonra gerçekleşeceğini tahmin etti (bkz. Şekil 8).



Şekil 8.

Radon Dedektör

Radon dedektör muhafazasına yönelik aletler, sofistike bir soğutma kanalları düzenlemesini kullanan dengesiz bir kalıp topluluğudur (bkz. Şekil 9). Bu soğutma düzenlemesi, bu topluluktaki iki parçanın farklı geometrileri dolayısıyla kalıp çukurundaki tekdüze olmayan sıcaklık aralığı nedeniyle gereklidir. Bir kalıbın içinde sıcaklıkların nasıl değiştiğini anlamak, parçalarda kusurlara, parça çıkarmanın gecikmesine veya yavaş döngü sürelerine neden olabilecek sorunlu bölgeleri ortadan kaldırmak açısından önemlidir. SOLIDWORKS Plastics analizlerinin enjeksiyon kalıplama zorlukları hakkında sağlayabileceği bilgiler, bunun gibi yenilikçi soğutma sistemlerinin geliştirilmesine imkan tanıyabilir.

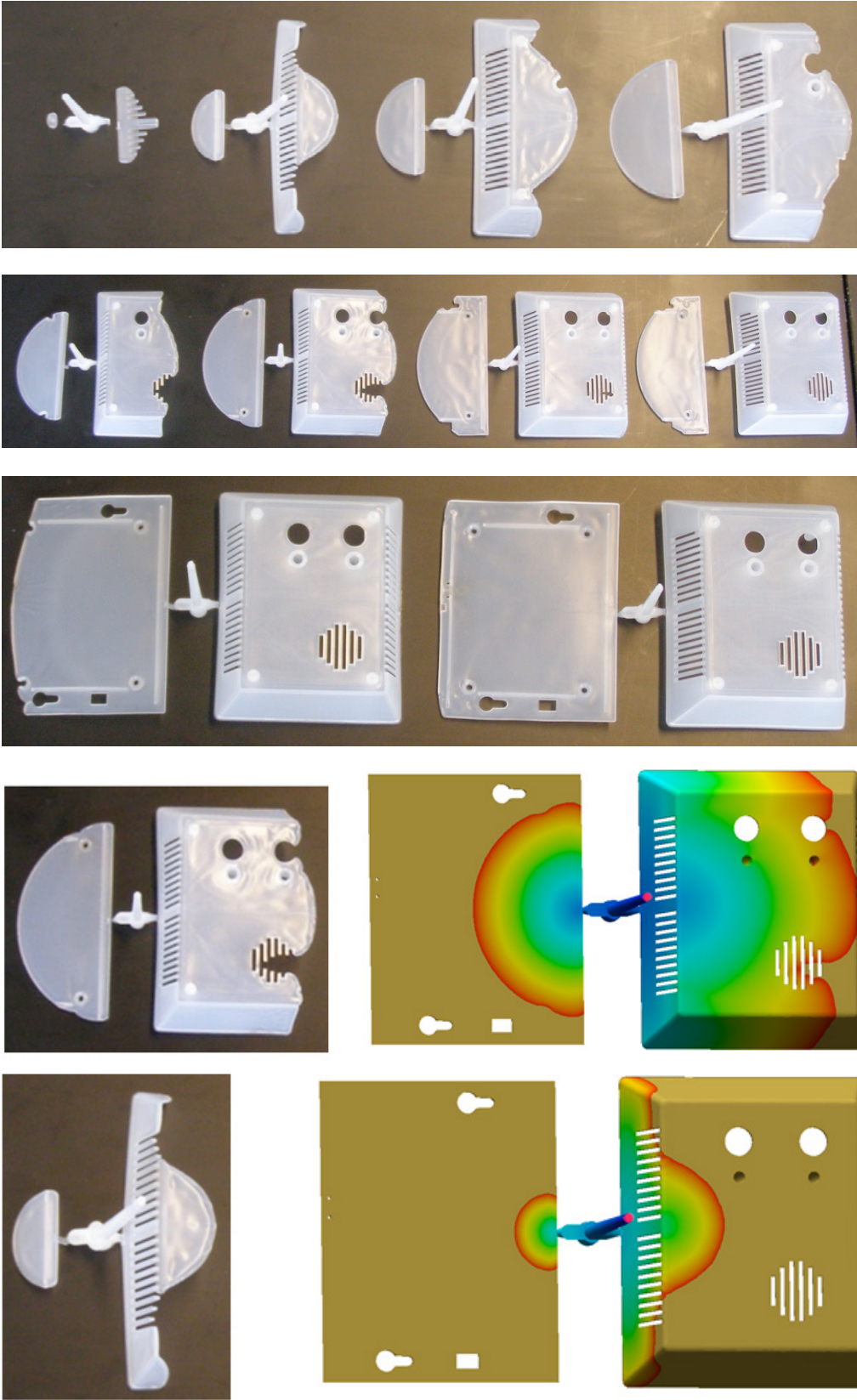


Şekil 9.

Radon dedektörlerde, dengesiz bir kalıp topluluğu bir polipropilen plastikte dolduruldu. Deneyde soğutma, dolum, ambalajlama ve bükülme sırasında önemli değişkenleri belgelemenin yanı sıra kapak dengesizliklerinin nasıl duraksama çizgilerine neden olabileceği, topluluktaki kalıplardan birinin diğerlerinden daha hızlı dolum yaptığında oluşabilecek kusurlar ve kalıbın nasıl dolduğunu doğrulamak için bir dizi eksik dolum incelendi.

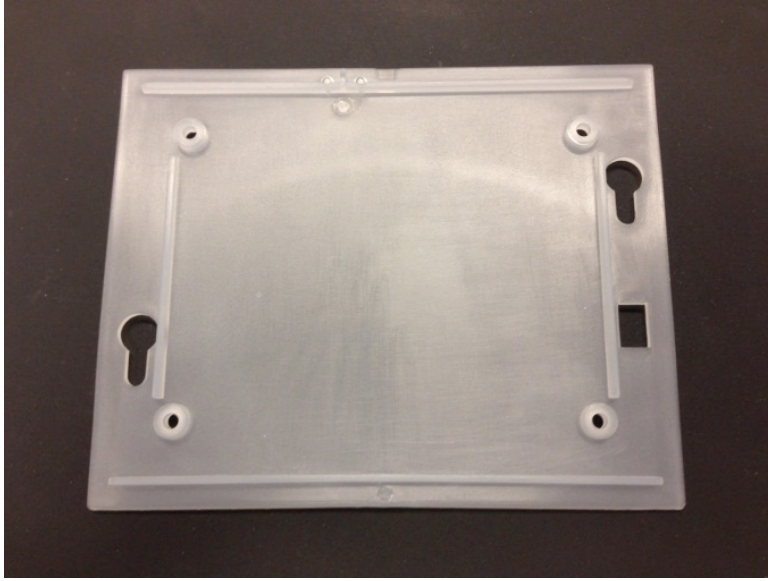
Bu kalıptaki benzersiz soğutma sistemi, 207°C döküm deliği girişi sıcaklığını kalıp çukurundaki farklı konumlarda 25,2°C ile 30,6°C arasında sıcaklıklara indirir. SOLIDWORKS Plastics yazılımıyla yapılan analiz, aynı konumlarda 26,4°C ile 30,4°C arasında bir sıcaklık aralığı tahmin etmişti.

UMass Lowell, bu etüt için kullanılan diğer iki parçada olduğu gibi, SOLIDWORKS Plastics analizlerinin tahmin ettiği akış düzenlerinin gerçekte malzemenin kalıbın içine akma şekliyle eşleşip eşleşmediğini belirlemek için kullanılan malzeme miktarını değiştirerek bir dizi eksik dolum yaptı. Şekil 10'da gösterildiği gibi bu analiz sonuçları, fiziksel testlerdeki bulgularla uyumaktadır.

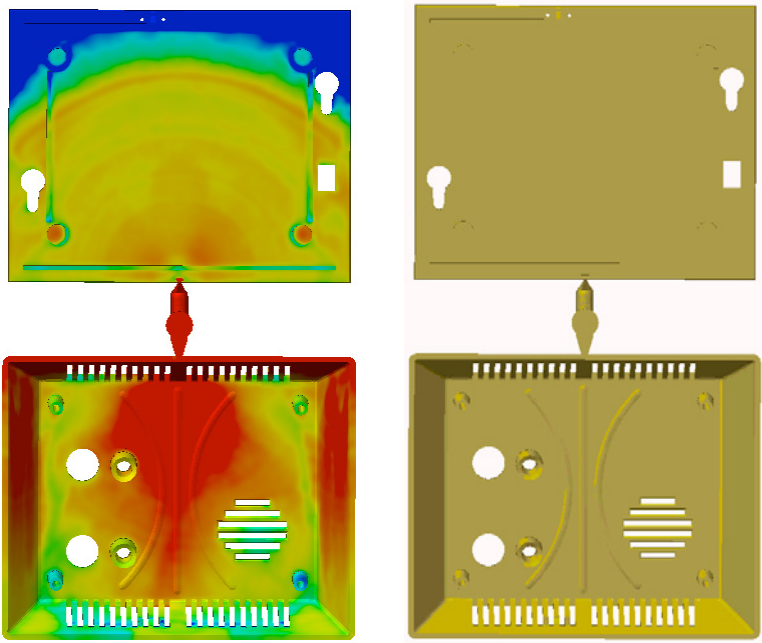


Şekil 10.

SOLIDWORKS Plastics analizleri, radon dedektör muhafazasındaki iki parçadan küçük olanda duraksama çizgisi kusurunun olacağını tahmin etti (bkz. Şekil 11) ve bu kusurun nedenini ortaya çıkardı. Büyük çukur daha önce dolduğundan, daha küçük olan çukur doldurulurken akış önü duraksar. Dolum tamamlandığında eşit olmayan dolumdan kaynaklanan bir sıcaklık farkı kusura neden olabilir (bkz. Şekil 12).

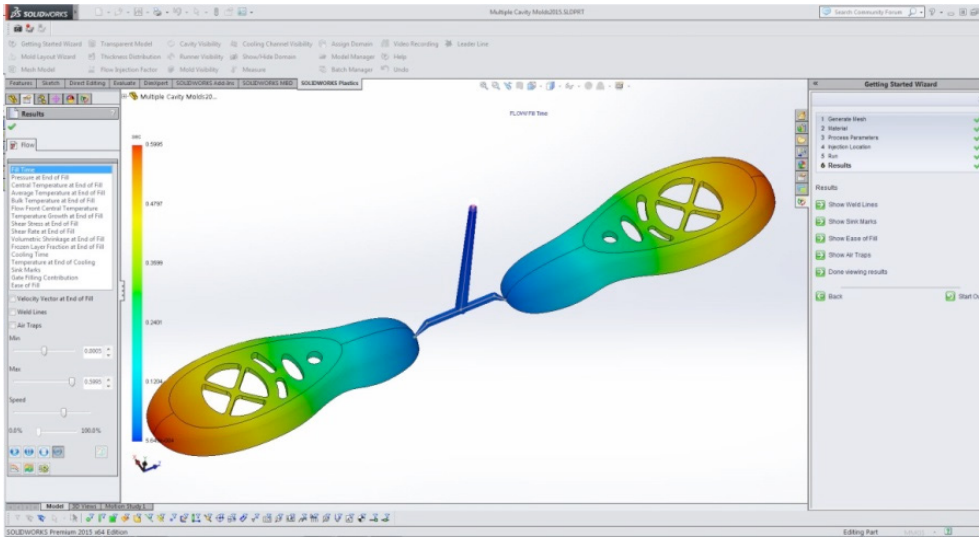


Şekil 11.



Şekil 12.

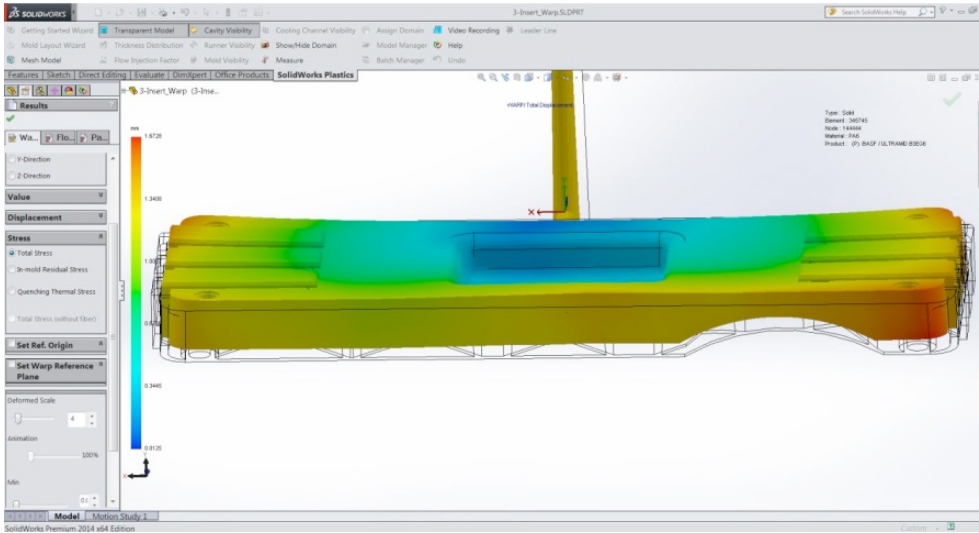
Bu etüdün diğer bulguları arasında giriş basıncı, kapak donma süresi ve parça küçülmesi/ büzülmesi karşılaştırmaları yer alır. DeneySEL testler maksimum giriş basıncının 50,9 MPa olması gerektiğini gösterirken; SOLIDWORKS Plastics analizleri 48,3 MPa olacağını tahmin etti. Kapak donma süresi dört ila altı saniyeyken; SOLIDWORKS Plastics analizleri altı saniye olacağını tahmin etti ve parça küçülmesi/büzülmesi 1 mm iken; SOLIDWORKS Plastics analizleri 0,9345 mm olacağını tahmin etti.



SOLIDWORKS Plastics Professional yazılımı sayesinde kalıp üreticileri, prototip kalıplara güvenmeden kalıp tasarımlarını optimize edebilir.

Üretim Döngüsü Sürelerini İyileştirmek için SOLIDWORKS Plastics Premium

Kalıpları açarak ve kaliteli parçaları mümkün olan en kısa sürede çıkararak enjeksiyon kalıplama döngüsü sürelerini kısaltmak, günümüzün üretim uzmanlarının başarısı için kritik önem taşır. En gelişmiş özelliklere sahip olan SOLIDWORKS Plastics Premium yazılımı, enjeksiyon kalıplama uzmanlarının kısa döngü süreleri ve kaliteli üretim arasında optimum dengeyi yakalamasına yardımcı olur. Yazılım, enjeksiyon kalıbıyla üretilmiş soğutma çizgisi yerleşimlerinin tasarımını ve analizini, koruyucu soğutma kanalı sistemlerinin geliştirilmesini, farklı malzeme türlerinin keşfedilmesini ve işleme parametrelerinin optimizasyonunu destekleyerek kalıplanan parçanın bükülme olasılığını azaltır veya tamamen ortadan kaldırır. Bu ek analiz araçlarını kullanan enjeksiyon kalıplama uzmanları, döngü sürelerini uzatan zorlukları çözerek üretimi tamamiyle yeni bir performans düzeyine taşıyabilir.



SOLIDWORKS Plastics Premium yazılımı, enjeksiyon kalıbıyla üretim alanındaki uzmanların üretim döngüsü sürelerini kısaltma yöntemleri bulmalarına yardımcı olur.

DOĞRU KALIPLAMA ANALİZLERİYLE VERİMLİLİĞİ ARTIRIN

Geleneksel olarak işlenen metal parçalar yerine enjeksiyon kalıpla üretilen plastik parçaların giderek daha fazla kullanılması, günümüz üreticileri için maliyeti, ağırlığı ve hurda miktarını azaltmaktan daha karmaşık biçimler ve tasarım geometrilerinin üretiminde daha fazla tasarım esnekliğine kadar birçok avantaj sunar. Ancak bu avantajların en yüksek potansiyellerine erişmeleri için enjeksiyon kalıpla tasarım ve alet üretkenliğini artırmak ve tutarlı olarak yüksek üretim kalitesini yakalamak, başarılı olmak için kritik düzeyde önemli hale geldi. Üreticiler, geleneksel deneme yanılma prototip kalıbı yinelenmelerini SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizi çözümüyle değiştirerek veya destekleyerek enjeksiyon kalıplama faaliyetlerinin verimliliğini ve performansını artırabilir.

UMass Lowell doğrulama etüdü, SOLIDWORKS Plastics analizi sonuçları ile gerçekte bir kalıbın içinde gerçekleşenler arasında yakın bir bağıntı olduğunu gösteriyor. Bu analizler, süreçte zaman ve para tasarrufu sağlarken tasarımları, aletleri ve döngü sürelerini optimize etmeye yönelik deneme yanılma yöntemiyle desteklenen prototip oluşturma sürecini hızlandırmak için yeterli doğruluktadır. Üreticiler, ürün ve alet tasarımlarını yazılımda doğru SOLIDWORKS Plastics kalıplama analizleri aracılığıyla daha iyi bir hale getirerek enjeksiyon kalıpla üretilen bileşen tasarımını, alet geliştirmeyi ve üretimi kolaylaştırabilir ve iyileştirebilir.

SOLIDWORKS Plastics yazılımıyla yapılan doğru kalıplama analizlerinin enjeksiyon kalıplama geliştirme ve üretme süreçlerinizi nasıl iyileştirebileceği hakkında ayrıntılı bilgi almak için www.solidworks.com.tr adresini ziyaret edin ya da 1 800 693 9000 veya 1 781 810 5011 numaralı telefonu arayın.

3DEXPERIENCE platformumuz marka uygulamalarımızı desteklemekte, 12 sektöre hizmet vermekte ve zengin bir endüstri çözümü deneyimleri portföyü sunmaktadır.

3DEXPERIENCE® Şirketi Dassault Systèmes, işletmelere ve kişilere sürdürülebilir yenilikler hayal etmeleri için sanal evrenler sunar. Şirketin dünya çapında lider çözümleri; ürünlerin tasarlanma, üretilme ve desteklenme biçimini değiştirmektedir. Dassault Systèmes'in işbirlikçi çözümleri, toplumsal yenilikçiliği teşvik ederek, gerçek dünyayı iyileştirmek için sanal dünyadaki imkanları genişletir. Grup, 140'tan fazla ülkede tüm sektörlerde her ölçekteki 220.000'den fazla müşteriye değer katar. Daha fazla bilgi için www.3ds.com/tr-tr adresini ziyaret edin.

