



DÖKÜM İMALAT PROSESLERİ İÇİN İLERİ DÜZEY SİMÜLASYON YAZILIMI: VULCAN

VULCAN döküm simülasyon yazılımı ile imalat öncesi döküm kusurlarının tespiti ve iyileştirilmesi...

ÖZET

Makalede uygulama yapılan model üzerinde, VULCAN döküm analiz yazılımı ile imalat prosesleri kullanılarak, imalat öncesi döküm kusurlarının nasıl tespit edildiği gösterilmektedir. Öncelikle model, yolluk ve besleyici optimizasyonları için VULCAN (döküm proseslerinin (FEA) finite element analizi ile simülasyonu) yazılımı ile dolum ve katılma analizi yapıldı. Daha sonra dökümden çıkan gerçek parça üzerindeki döküm kusurları ile simülasyon sonuçları karşılaştırıldı. Aynı zamanda kesin sonuç için döküm parçanın hatalı bölgelerinden alınan kesitler birebir Vulcan'da da uygulanarak sonuçlar karşılaştırıldı.



Şekil 1. Döküm parçanın elde edilmesi



Şekil 2. Orijinal parça ve yolluk (gizlilik için kısmen gösterilmiştir)



Şekil 3.
a) Kalıbın modeli
b) Maçalı kalıp

BİLGİLENDİRME

Sıvı malzemenin kapalı kalıp içerisinde yüksek sıcaklıklarda dökümü ve sonrasında kalıptan kusursuz bir parça elde etmek için: Dökümün başlamasından parçanın kalıptan çıkışına kadar olan zamanda; sıvı metalin dolumu, kalıp yüzeyleri ile teması, kalıp içerisindeki hava basıncı ile etkileşimi, malzemenin sıvı durumdan katıya dönüşümünün başlaması ve bu süre içerisinde de hacim azalması (biz buna katı durumda çekilme-büzülme diyoruz) gibi önemli noktalara dikkat etmek gerekir. Kalıbın dolumu süresince, sıvı metalin kalıba girişi ve sonrasında kalıp içerisinde parça formuna uygun olarak dolumu imalatın en kritik ve önemli evre olan kalıp dolum aşaması olarak adlandırılır. Dolum süresince; en ciddi kusur nedenlerinden olan soğuk birleşmeler, oksit girişleri, türbülans (hava tuzakları), yüksek hız, soğuk birleşmeler, çift tabaka oluşumu, tortu, dolum süresince malzemenin katılması gibi imalat hataları ile karşılaşmaktadır.

Kalıp sıvı metal ile tamamen dolduğu andan itibaren katılma başlar. Bu süreçlerde kalıp kapalı konumda iken parça üzerinde çekilme, büzülme ve gözenekler oluşur.

Katılma süresince de; küçük çekme ve boşluklar (mikro-shrinkage ve mikroporosity), sıcak yırtılmalar gibi kusurlar ile karşılaşmaktadır.

Tasarımcı bu kusurları her zaman dolum aşamasında gidermeye çalışır. Yolluk tasarımının yapılması ya da daha önceden yapıldıysa etkilerini, besleyici tasarımı ve kusurlara olan etkisini gözlemlemelidir.

Tüm bunları uygulamak için de birkaç alternatif vardır. Kalıbın diğer sıvılar (su, mum gibi) ile imalatla test edilmesi ile örnek döküm yapılması yada yolluk sisteminin en son teknoloji olan simülasyon yazılımı ile analizi ve test edilmesi.

Birçok döküm firması imalat uygulamalarını; parça ve kalıp tasarımı, deneme, çözüm aşaması ve optimizasyon, gerçek döküme geçilmesi şeklinde takip eder. Ancak döküm firmaları son yıllarda döküm prosesleri optimizasyonu için olağanüstü avantajlara sahip. İmalatta malzemenin kalıba dökümü öncesi kusurların daha kısa sürede, en az maliyetle, daha doğru şekilde tespit edilebilmesi için simülasyon yazılımı gibi ileri düzey teknolojik araçlara sahibiz. Bu sayede döküm model üzerindeki kusur tespitlerini imalatla makineyi çalıştırmaya gerek duymadan birebir teknolojik ortamda döküm simülasyon yazılımı ile uygulayarak kesin ve doğru sonuçlar elde edebiliriz.

Vulcan döküm simülasyon yazılımı Finite element olarak adlandırılan sonlu elemanlar altyapısı ile döküm imalat optimizasyonları için son teknoloji çözümleri sunmaktadır. 2 farklı model ile hesaplama yapar. Thermal model ile tüm datalar arasındaki ısı transferi hesaplanabilir. (erkek-dişi kalıp, parça, kalıp-atmosfer gibi). Malzemenin uygun olarak faz değişimi (sıvı, yumuşak, katı) ısı-denge denklemleri vasıtasıyla yapılır. Thermo-mechanical model ile de katılaşma ve soğuma simülasyonu yapılır. Ancak Thermo-mechanical analizin tek farkı, parça üzerinde mekanik katılaşma dediğimiz deformasyon ve gerilme analizinin de hesaplanmış olmasıdır.



Şekil 4. Parlatılmış parça üzerindeki döküm kusurları



Şekil 5. Endükleme ile parçanın farklı bölgelerinde döküm kusurlarının tespiti

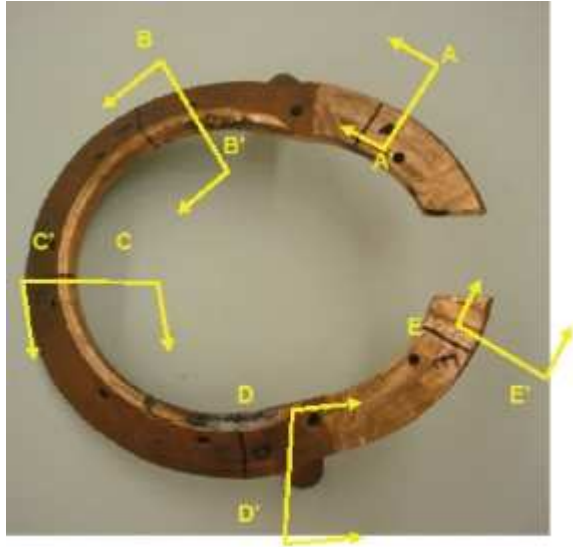
GELENEKSEL İMALATTA DÖKÜM HATALARI

Öncelikle, örnek bir parça üzerinde geleneksel döküm yöntemleri ile imalata hazırlanış ve sonrasında kusur tespitlerinin nasıl yapıldığına bir göz atalım. Daha sonra aynı parçanın kusur tespitlerinin imalat aşamasına geçmeden, dökümden önce VU LCAN simülasyon yazılımı ile nasıl tespit ettiğimizi simülasyon görüntüleri ile inceleyelim.

ŞEKİL 4 ve 5 de yapılan tüm bu işlemler endükleme ile gerçekleştirilmelidir. Çünkü, dökülen malzeme, %0.6 si krom olan elektrostatik bakırdır. Parçanın katılaşma ve soğumasından sonra şekillerde de gösterildiği gibi pek çok kusur oluşacaktır, bu da parçanın dökümü için uygun değildir. Şekil 6'da gösterildiği gibi parçanın döküm hatası olan bölgelerinden alınan kesitler ile kusurlu bölgelerin yapıları ve biçimleri kontrol edilmiştir. FeCl3 asidi ile farklı bölgelerdeki kesitler sayesinde mikroyapıdaki bozukluklar ortaya çıkarılmıştır. A-A ve E-E kesitlerinde tespit edilen çekme ve büzülme diğer kesitlerdekinden çok daha büyük ve fazladır. (Şekil 7) D-D ve E-E kesitlerinde maça hareket etmiştir ve bunun hareket dolayısıyla ince duvarların tam olarak dolması zorlaşmış olarak görülmektedir.

Bununla birlikte, tahmini olarak kalın bölgelerdeki tane büyüklüğü ince bölgelerdekinden çok daha iyidir.

Döküm parça üzerinde tespit edilen tüm sonuçlara göre parçanın yolluk ve besleyici sisteminin hatalı olduğuna karar verebiliriz. Ancak bu döküm kusurlarının tespiti için, deneme döküm yapıldı ve döküm parça kesilerek gözlemlendi. Bu da firmalara, imalatta harcanan ciddi bir işçilik, malzeme ve beraberinde maliyet kayıplarını getirir. Çözüm için önerilen yol, simülasyon yazılımı ile döküm kusurlarının tespit etmek ve tüm kalıp iyileştirmelerini simülasyon yazımlı ile bilgisayar ortamında yapmaktır.



Şekil 6. Endükleyicinin analiz bölgeleri

VULCAN İLE MEVCUT PARÇANIN SİMÜLASYONU

Simülasyon için ilk olarak, herhangi bir CAD yazılımında döküm modeli üçboyutlu olarak alıp VULCAN simülasyon yazılımında açmaktır. VULCAN' da açılabilen dosya uzantıları; IGES, PARASOLID, STL, MESHDATA, DXF, NASTRAN dir.

Dökülecek parça yolluk ve besleyici ile hazır olarak Şekil 2 ' de gösterilmektedir.

CAD yazılımdan alınan örnek model üzerinde üçgen mesh yüzeyi (FEA sayesinde) otomatik olarak oluşturuldu. VULCAN 'da uygulanan

üçgen mesh yüzeylerin bazı avantajları vardır; Karmaşık datalar üzerinde kolayca mesh uygulaması yapabilme, bölgesel mesh uygulaması ve bu sayede simülasyon sürelerini kısaltabilme ve simülasyon sonuçları daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edebilme gibi.

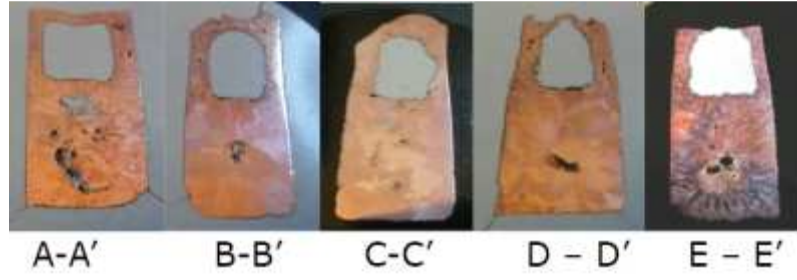
DOLUM ANALİZİ

VULCAN'da yapılan finite element mesh uygulamasının ardından dolum ve katılaşma analizi yapıldı. Dolum analizi ile; dolum süreleri ve sıcaklıklar tespit edildi.

Parçanın dolum simülasyonu ile en önemli sonuçlardan biri olan, dolum sonunda sıcaklık düşüşleri tespit edildi.

Şekil 10'daki simülasyon görüntüleri dolum sonunda parça üzerindeki sıcaklık farklılıklarını gösterir. Parçanın sağ tarafında daire içerisinde gösterilen bölüm metalin ulaştığı en soğuk bölgedir. Soldaki döküm parça üzerinde de sıcaklık düşüşünün neden olduğu kusur kolayca görülebilir. (Şekil 10) Gerçek döküm parça (solda) ve VULCAN'da simülasyonu yapılmış parça (sağda) üzerinde tespit edilen kusurlar birebir aynıdır.

Şekil 11'de döküm parça üzerindeki soğuk bölge ile aynı bölgenin simülasyon sonucu tespit edilen görüntüsü :



Şekil 7. Kusurlu bölgelerin yapı ve biçimi

KATILAŞMA ANALİZİ

VULCAN döküm simülasyon yazılımının katılaşma modülü sayesinde de parça üzerinden kesitler alarak kusur tespiti yapılabilir. Şekil 12’de gösterildiği gibi gerçek parça üzerinden alınan kesitler ve aynı kesitlerin VULCAN ‘ da uygulanabilmesi ile kesin sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 8. Finite element meshin detaylı görünüşü (solda) ve Şekil 1. de görülen parçanın geometrisi (sağda)

Şekil 12 ‘ de A-A ve E-E kesitleri en uzun çekme boşluğunu gösterir. VULCAN simülasyon yazılımı ile çekme boşluklarının biçimlerini tespit edebildiğimiz gibi, pozisyon ve boyutları hakkında da tahminlerde bulabiliriz. B-B, C-C ve D-D kesitleri en küçük çekme boşluklarını gösterir. Elde edilen tüm bu gerçekçi sonuçlar VULCAN döküm simülasyon yazılımı katılaşma analizi ile hesaplatılmıştır. Katılaşma analizi ile; katılaşma süreleri, yazılımın önerdiği besleyici yerleştirilmesi gereken bölgeler, soğutma yapılması gerekli bölgeler, malzeme sıcaklıkları gibi sonuçlar tasarımcı tarafından kolaylıkla tespit edilebilir.



Şekil 9. Dolum süresince parçanın görüntüsü; gri renkteki kısımlar malzemenin dolumu gerçekleştirdiği, kırmızı renkli bölgeler de sıvı malzemenin dolumun devam ettiği sürelerde gösterir. Şeffaf bölgeler ise henüz malzemenin ulaşmadığı yerlerdir.



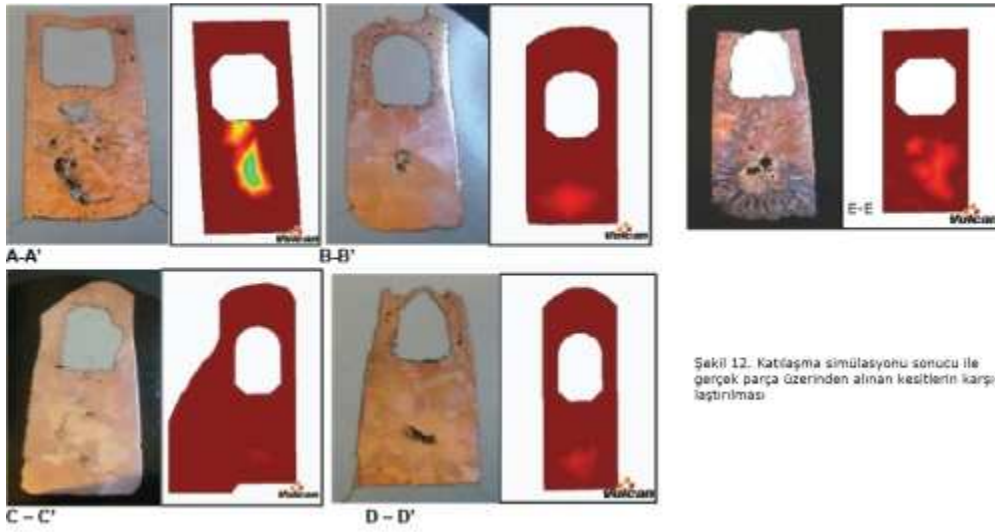
Şekil 10. SOLDA; Parlatılmış parça üzerinde dolum kusurları, SAGDA; simülasyon sonucuna göre renk diyagramından sıcak bölgelerin tespiti



Şekil 11. Döküm parçanın görüntüsü ve aynı bölgenin simülasyon sonucu görüntüsü

SONUÇ :

VULCAN döküm prosesleri simülasyon yazılımı, firmalar için güçlü teknolojik bir araçtır. Tasarımcı simülasyon sonuçlarını ve yazılımın öngörmelerini kendi tecrübeleri ile de birleştirerek kolayca kalıp optimizasyonlarını yapabilir. Her şeyin bilgisayar ortamında teknolojik olarak gerçekleştirilmesi firmalara imalatla harcanan zamanın ve maliyetin azalması, müşteri memnuniyeti gibi avantajlar sağlar. VULCAN döküm simülasyon yazılımı; kalıbın tasarımından itibaren kalıbın imalattaki iyileştirilmesine kadar tüm uygulamalar; simülasyonu yapılmış modelin gerçeğine uygun olarak performansının ölçülmesi, kalıbın imalatına ihtiyaç duyulmadan en az 10 denemenin yerine " 0 "(SIFIR) deneme ile üretime geçmeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 12. Katılaşma simülasyonu sonucu ile gerçek parça üzerinden alınan kesitlerin karşılaştırılması