META-MAK METALURJİ MAKİNA MÜMESSİLLİK LTD ŞTİ

YATAY DERECELİ VE DİKEY DERECESİZ KALIPLAMA HATLARININ İŞLETME MALİYETLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yılmaz ÖZKAN, Erol TURGUT
Levent Cad. Alt Zeren Sokak No:15 Beşiktaş, İstanbul

- Diğer pek çok döküm teknolojisinin yanında yaş kum kalıba döküm en yaygın kullanılan döküm yöntemi olarak varlığını devam ettirmektedir. Düşük hammadde maliyeti, geniş uygulama alanı ve kumun yeniden kullanılabilir oluşu bu durumun başlıca sebepleri olarak belirtilebilir.
- Modern yaş kum kalıba döküm sistemlerini tanıyıp aralarındaki temel farkları ortaya koymak, yeni bir dökümhane tasarımında veya mevcut dökümhanenin modernizasyonunda temel bir başlangıç adımı olarak büyük önem taşımaktadır.
- Her biri kendi içerisinde farklı alternatifleri barındırsa da modern yaş kum kalıplama sistemlerini "Yatay-Dereceli Kalıplama Hatları", "Yatay-Ceketli Kalıplama Hatları" ve "Dikey-Derecesiz Kalıplama Hatları" olarak ayırmak mümkündür.
- Dünya döküm üretiminde özellikle "Yatay-Dereceli Kalıplama Hatları" ve "Dikey-Derecesiz Kalıplama Hatları" çok büyük bir paya sahiptir. Bu iki sistem kendi aralarında önemli farklara, avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. İşletme maliyeti de doğru sistemin seçiminde çok büyük öneme sahip farklardan birisidir.

2015 Dünya Döküm Üretimi

World Totals (metric tons)									
Gray Iron	Ductile Iron	Malleable Iron	Steel	Copper Base	Aluminum	Magnesium	Zinc	Other Nonferrous	Total
46,738,654	25,575,894	884,581	10,887,948	1,761,182	16,053,014	198,121	675,022	1,354,841	104,129,257*

Dökme demirlerin toplam dökümler içerisindeki oranı yaklaşık %70.

Yaş Kum Kalıplama Yöntemleri

- **El Kalıplaması**

- **Mekanik Dereceli Kalıplama Sistemleri**

- Mekanik sıkıştırmalı sistemler
- Sarsmalı sitemler
- Sarsma-basma sistemleri
- Vakumlu sistemler

- **Otomatik Dereceli Kalıplama Sistemleri**

- Kumu basınçlı hava ile sıkıştıran sistemler
- Kumu mekanik olarak sıkıştıran sistemler
- Kumu hem basınçlı hava hem de mekanik olarak sıkıştıran sistemler

- **Otomatik Derecesiz Kalıpla Sistemleri**

- Yatay derecesiz kalıplama sistemleri
- Dikey derecesiz kalıplama sistemleri

Yatay Dereceli Kalıplama Hatları

- Yatay Dereceli Kalıplama hatları özellikle görece düşük adetlerde ve/veya büyük hacim-ağırlığa sahip parçaların üretimi için tercih edilen sistemlerdir.

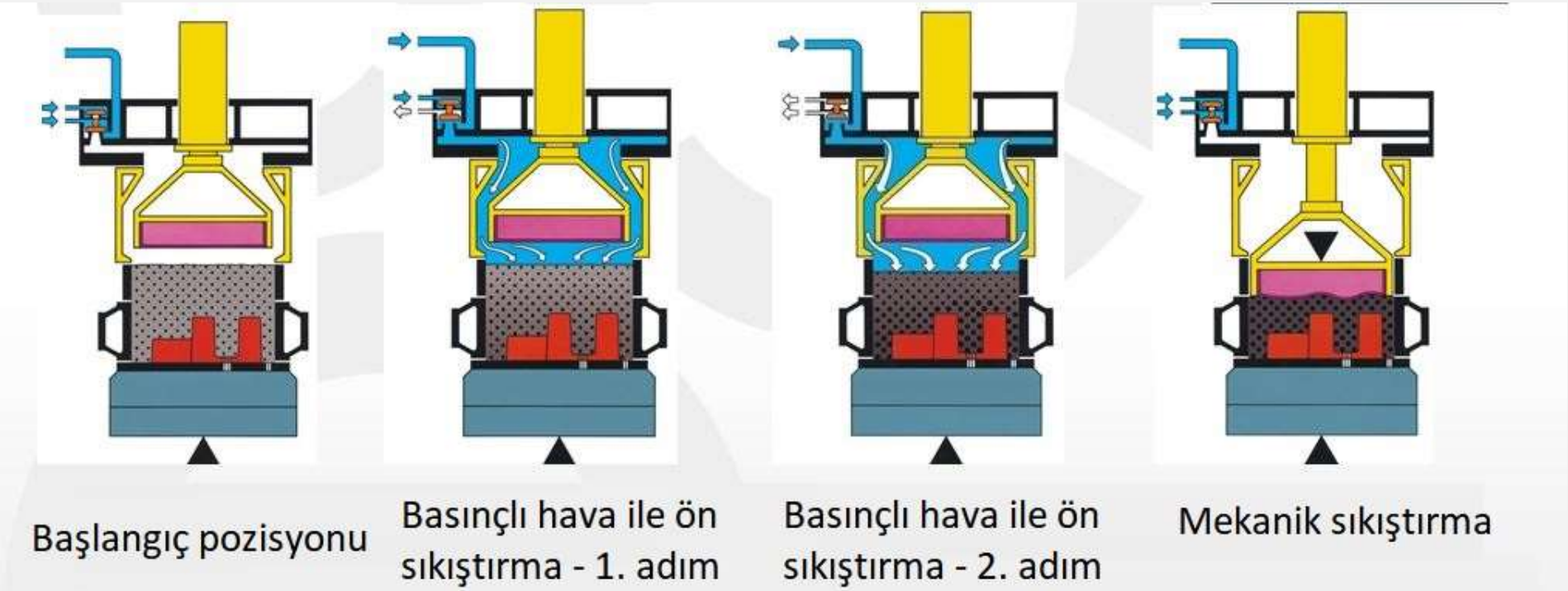
Bir dereceli kalıplama hattının temel bileşenleri genel olarak aşağıdaki gibidir;

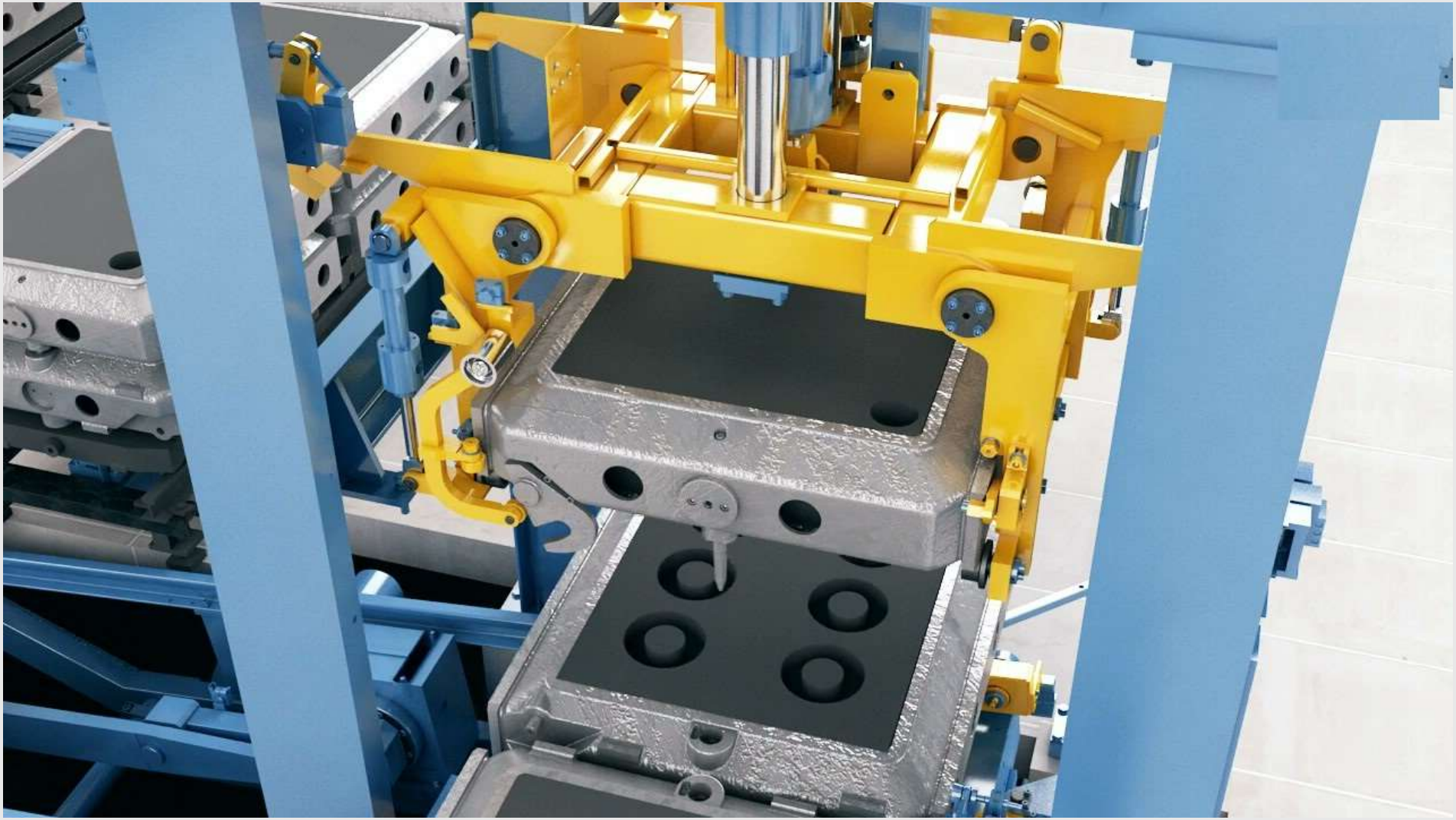
- Kalıplama makinası (pres)
- Kalıp konveyörü
- Kalıp çevirici
- Havşa ve gaz tahliye deliği açma istasyonları
- Maça / filtre / soğutucu vb. yerleştirme istasyonu
- Kalıp kapatıcı
- Döküm istasyonu
- Soğuma hattı / hatları
- Kalıp bozma istasyonu
- Derece ayırma istasyonu
- Derece / araba / kılavuz pimi ve deliği temizleme istasyonları
- Kum besleme ve dağıtım ünitesi
- Model değiştirme ünitesi

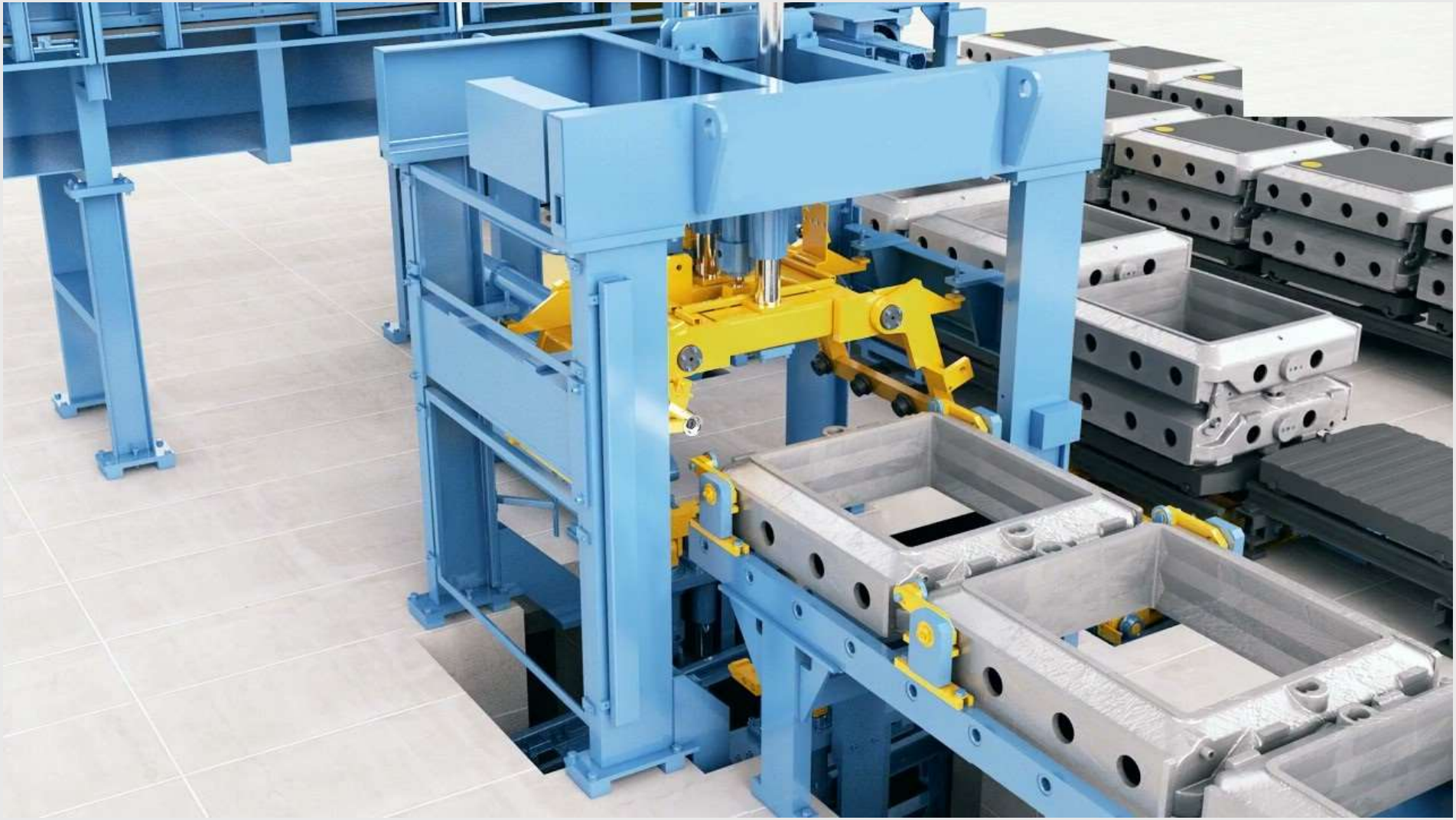
Yatay Dereceli Kalıplama Hatları

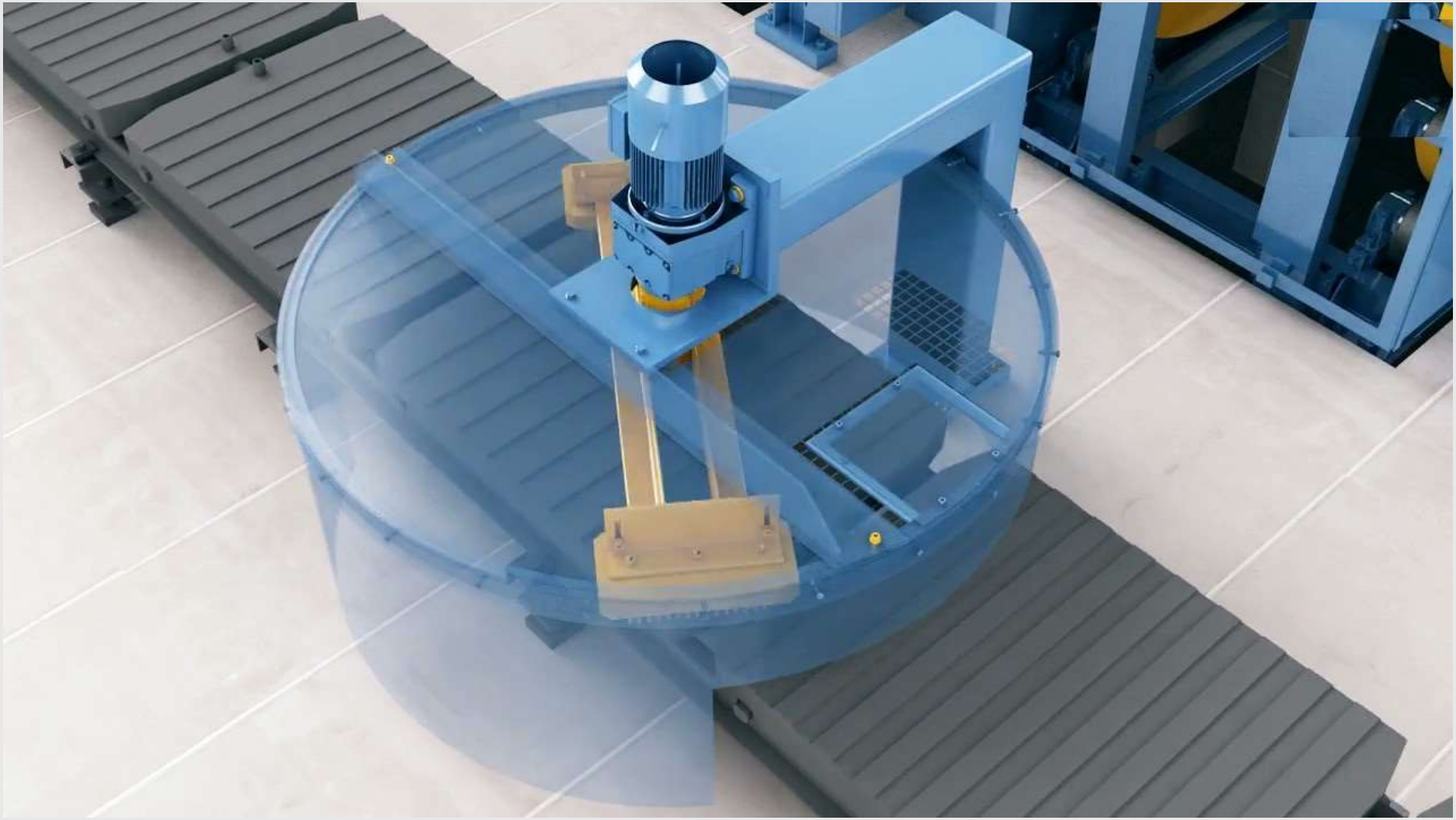
- Bu sistemlerde her bir kalıp ayrı ayrı dereceler içerisinde alt ve üst derecelerden oluşan iki ayrı parçadan oluşur.
- Derecelerin ölçüleri sabittir ve kalıp kalınlığı üretilecek parçaya göre değiştirilemez.
- Dereceler kalıplama işleminin başlangıcından döküm sonrasında parçanın kalıptan çıkarılmasına kadar kalıbın çevresinde kalarak hem kum kalıbı tutar hem de proses boyunca sorunsuzca taşınmasını sağlar. Alt ve üst derecelerden oluşan bu kalıplar proses süresince kalıplama hattı üzerinde çoğunlukla basit bir araba üzerinde taşınırlar.
- Dereceler hassas şekilde birbirlerine eşleşmelerini sağlayan pim ve kılavuz deliklerine sahiptir.
- Kalıplar, modellerin üzerine yerleştirilen derecelerin içerine doldurulan kalıp kumunun çeşitli yöntemlerle sıkıştırılmasından sonra modelin kalıptan sıyrılması ile yapılır. Alt ve üst dereceler ayrı ayrı yapılır.
- Kalıpların dış kısmında kalan fazla kumların sıyrılması, havşa ve gaz tahliye deliklerinin açılması, eğer gerekli ise kalıp içerisine dökülmüş kumların temizlenmesi, maça, filtre, soğutucu vb. malzemelerin kalıp içerisine yerleştirilmesi işlemlerinden sonra kalıplar kapatılır.

Sıkıştırma yöntemi olarak basınçlı hava ve/veya mekanik sıkıştırma kullanan bir sistemde kalıp yapım aşamaları.









Yatay Dereceli kalıplama hatlarını Dikey Derecesiz kalıplama hatlarından ayrı kılan avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

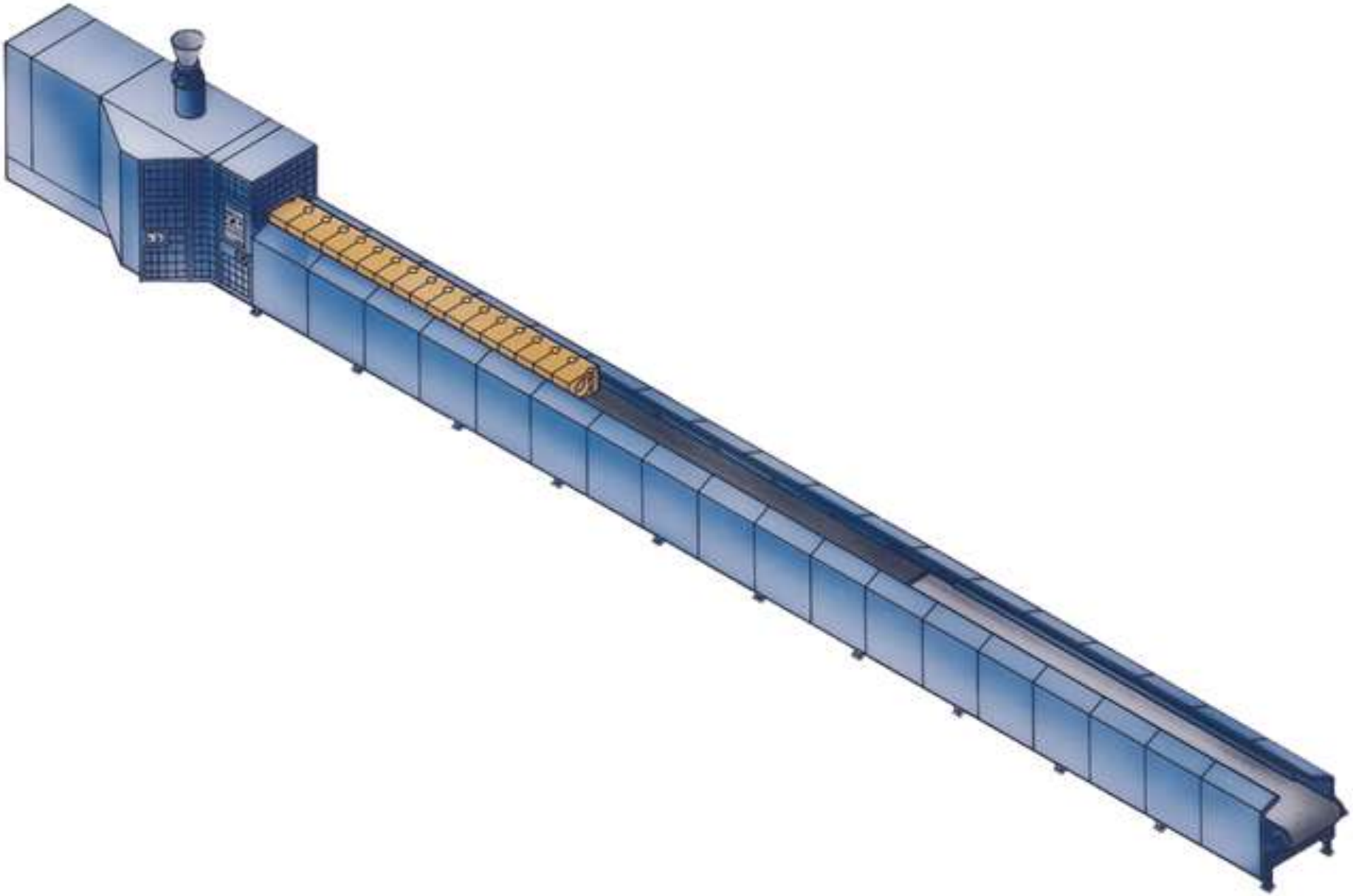
- Kalıp yapımı sırasında yüzey kumu kullanılabilir.
- Kalıp içerisine besleyici gömlekleri, soğutucular vb. malzemeleri yerleştirmek oldukça basittir.
- 2500x1500 mm boyutlarına kadar kalıplar yapmak mümkündür.
- Dikey Derecesiz Kalıplama Hatlarına oranla kalıp başına çok daha fazla miktarda metal dökmek mümkündür.
- Büyük ve kompleks maçalı parçaları üretmek daha kolaydır.
- Çevrim süresi içerisinde, üretim kaybı olmaksızın, model değiştirmek mümkündür.

Dikey Derecesiz Kalıplama Hatları

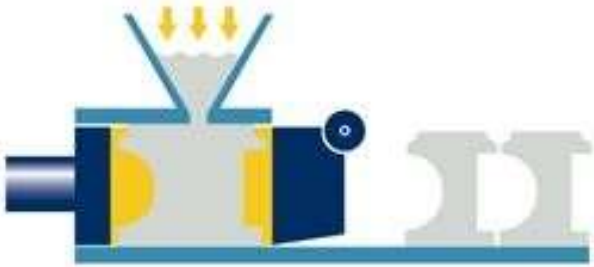
Dikey Derecesiz Kalıplama hatları özellikle görece yüksek adetlerde ve düşük birim ağırlıklara sahip parçaların üretimi için çoğunlukla tercih edilen sistemlerdir.

❖ Bir dikey derecesiz kalıplama hattının temel bileşenleri genel olarak aşağıdaki gibidir;

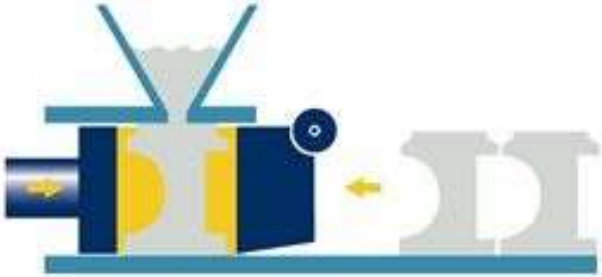
- Kalıplama makinası
- Maça yerleştirici
- Hassas kalıp konveyörü
- Senkronize bant konveyör
- Kum besleme ünitesi
- Model değiştirme ünitesi



- Bu sistemlerde kalıplar makinede bir oda içerisinde yapılır.
- Kalıp odasının arka tarafında iticiye bağlı bir model plakası ön tarafında ise kalıp yapıldıktan sonra yukarı kalkarak kalıbın odadan dışarı itilmesine izin veren ve sınırlı bir sıkıştırma kapasitesine sahip sistem üzerinde diğer model plakası bulunur.
- Kalıplar; kalıp odasının üst tarafındaki kanaldan basınçlı hava yardımı ile kalıp odasına doldurulan kumun itici plaka ve hareketli plaka arasında sıkıştırılması ile yapılır.
- Makinanın kalıplama odasından çıktığında kalıpların çevresinde derece veya benzeri bir destek unsuru bulunmadığından kalıplar kendi başlarına yeterli dayanıma sahip olmalıdır.
- Yapılan kalıpların en ve boy ölçüleri sabittir ancak kalıp kalınlıkları belirli bir aralık içerisinde serbestçe belirlenebilir. Bu özelliğiyle optimum miktarda kum kullanımına olanak sunar.
- Kalıplama makinasından çıkan kalıplara, makinada bir sonraki kalıp yapımıyla eş zamanlı olarak, maça, filtre veya besleyici gömleği vb. malzemeler otomatik bir sistem tarafından yerleştirilir.
- Kalıplar kalıplama makinanın önünde bulunan hassas kalıp konveyörüne aktarılır. Hassas kalıp konveyörü üzerine birbirlerini destekleyecek ve tamamlayacak şekilde dizilen kalıplar içerisine döküm yapılır.
- Dökülen kalıplar kalıp bozma sistemine kadar kalıpları taşıyacak olan senkronize bant konveyöre aktarılır.



1. Kum doldurma



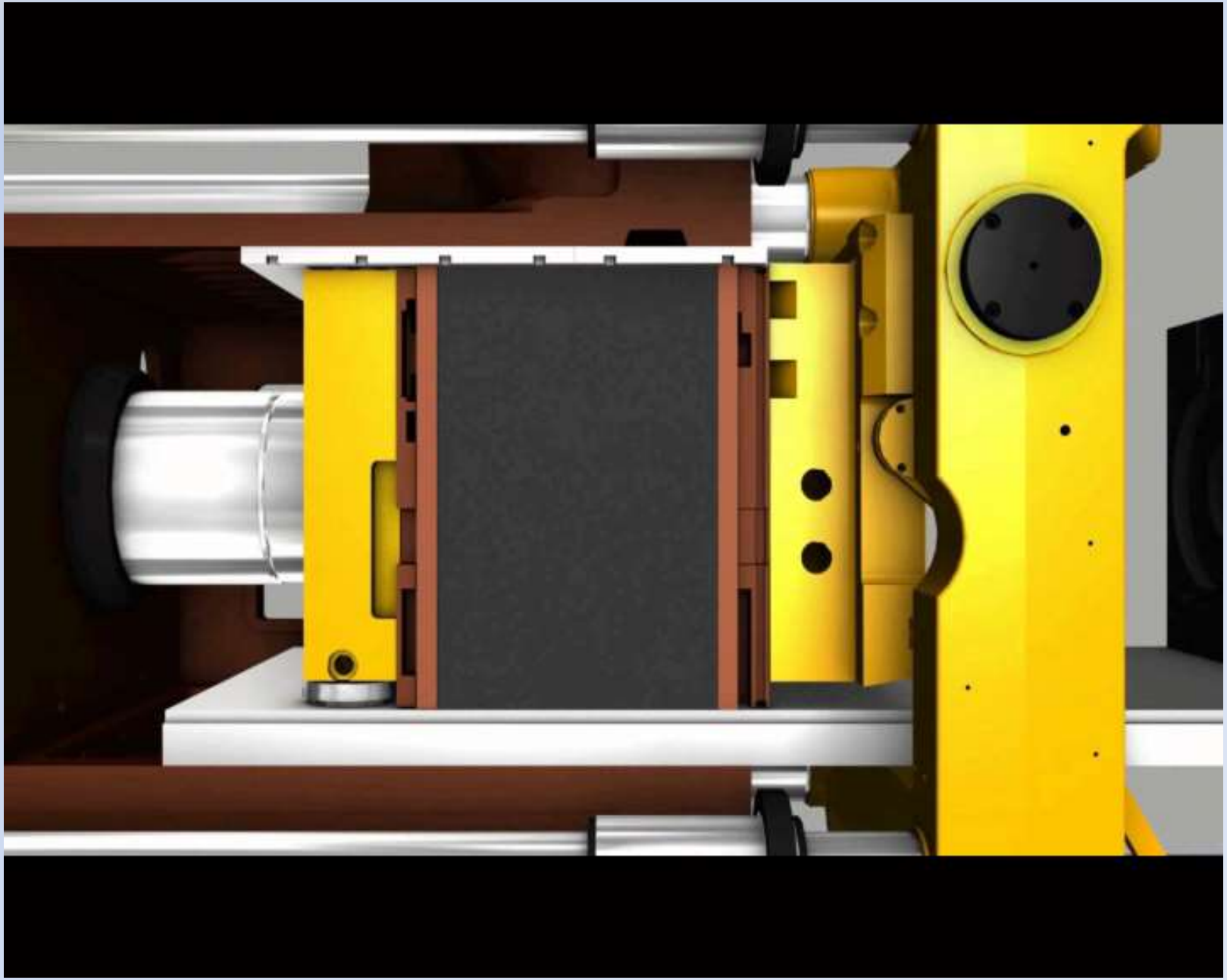
2. Sıkıştırma

3. Kalıplama odasının açılması

4. Kalıpların birbirlerine yaslanarak kapatılması

5. İtici plakanın yerine dönmesi

6. Kalıplama odasının kapatılması



Dikey Derecesiz kalıplama hatlarını Yatay Dereceli kalıplama hatlarından ayrı kılan avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Saatte 550 kalıba kadar yüksek hızlarda üretim yapabilme imkanı sunar.
- Sistemde herhangi bir derece, ceket vb. kullanılmaz. Bu sayede derecelerin yatırım, bakım ve yenileme maliyetlerinden tasarruf edildiği gibi dereceleri taşımak ve temizlemek için kullanılan enerjiden de tasarruf edilir.
- Maça-filtre vb yerleştirme işleri de dahil olmak üzere tüm kalıplama sitemini tek bir operatör ile yürütmek mümkündür.
- Kalıp kalınlıklarının ayarlanabilir olması sayesinde kum sarfiyatını en aza indirmek mümkündür.
- Sistemde yer alan bileşenler sayı ve nitelikleri yönünden yatay dereceli hatlara kıyasla daha yüksek çalışma zamanı, daha düşük bakım ve yedek parça maliyeti oluşturur.
- Dikey derecesiz kalıplama sistemleri yatay dereceli sistemlere oranla çok daha küçük bir kurulum alanına ihtiyaç duyduğu gibi sistemin ihtiyaç duyduğu temel çukuru miktarı ve bina yükseklerinin de daha az olması sayesinde kurulum aşamasında inşaat maliyetleri konusunda da avantajlıdır.
- Dikey derecesiz kalıplama sisteminin toplam enerji sarfiyatı eşdeğer bir dereceli kalıplama sistemine oranla çok daha düşüktür.
- Yatırım maliyetleri daha düşüktür.

Yatay-Dereceli ve Dikey-Derecesiz Kalıplama Hatlarının Üretim Maliyetleri Açısından Karşılaştırılması

Gerek dereceli ve derecesiz kalıplama sistemlerinin birbirlerine göre önemli avantajları / dezavantajları olduğundan, yatırım maliyetleri ayrı tutulursa, çoğunlukla üretilecek parça miktarı ve özelliklerine göre en yüksek verimliliği sağlayacak dolayısı ile de en düşük maliyet ile üretim yapılmasını sağlayacak yöntem belirlenmeye çalışılır. Burada dikkate alınan parametreler genel olarak şunlardır:

- Hammadde
- İşçilik
- Enerji
- Bakım - onarım
- Kalite
- Çevre

Yatay-Dereceli ve Dikey-Derecesiz Kalıplama Hatlarının Üretim Maliyetleri Açısından Karşılaştırılması

- Her ne kadar bu parametreler belirlenmiş olsa da, benzer bir ürünün üretimini yapan, benzer kapasiteli iki sistemi ele almadan böyle bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Bu nedenle uygun örnekler seçilmesi gerekir.
- Dünya'nın önde gelen dökümhane ekipmanları üreticilerinden DISA AS'nin Güney Kore'de Sungwoo Otomotiv firmasında gerçekleştirdiği çalışmada bu iki sistemin belirli bir düzlemde karşılaştırılabilmesi için iyi bir imkan sunar. Söz konusu deneyimde ele alınan parçanın fren diski olması da hem otomotiv endüstrisinin lokomotif rolü hem de otomotiv için üretilen döküm parçaların geneli içerisinde fren diskinin miktarı* bakımından anlaşılabilirdir.

*Dünyada yılda yaklaşık 6,5 mil ton

Güney Kore Hyundai Sungwoo Otomotiv’in Deneyimleri

Facility name	Categories	Quantity	Molding Format	Mold Dimensions	Production capacity		Manufacturer
					MOLD / HR	TON / Annum	
DISA 240C	Factory No. 1	1 Set	SQUEEZE	600×850×150/500	450	28,000	DISA (Denmark)
IMS-1		1 Set	AIR - IMPACT	900×700×250/250	180	35,000	G.F (Swiss)
SAVELLI	Factory No. 2	1 Set	SQUEEZE	900×700×250/250	240	42,000	SAVELLI (Italy)
DISA 240C	Factory No. 3	1 Set	SQUEEZE	600×850×150/500	450	43,000	DISA (Denmark)
Total		4 Sets				148,000	

- Hyundai Sungwoo Otomotiv, Güney Kore, dökümhanesi, 1987 yılı Mayıs ayında Phong Güney Kore'de, 410 işçi ve 90,000 metrekarelik alanda, 900x700x250 / 250 mm ölçülerinde dereceli kalıplama sistemi ile döküm üretimine başlamıştır.
- Dökümhanenin bugünkü yıllık kapasitesi 148,000 tondur. 2013 yılında, 121,000 ton döküm üretimi yapılmıştır ve bu rakam 2014 yılında 127,000'e yükselmiştir.
- Dökümhane, GLJ ve GJS otomotiv parçaları dökümü yapmaktadır.
- 2012 yılında dereceli kalıplama hattı 15,2 saniyede bir fren diski üretmelerini sağlayacak yeni bir sistem ile değiştirildi. 2005 yılında, kalıp ölçüleri 600x850x150m-500mm aralığında olan ve döngü süresi 9.3 saniye olan iki adet dikey derecesiz kalıplama hattı, diğer otomotiv parçalarını üretmek için alınan 20 saniye çevrim süresine sahip ve eskisi ile aynı ölçülerde bir dereceli hatla birlikte devreye alındı.
- Fren diski üretimi yapan tüm hatlar direkt olarak soğutma tamburuna ve sürekli kumlama makinasına bağlıdır.
- 2013 yılında, her iki tesisin de benzer üretim akışına ve yaklaşık 4,500 saatlik birbirine yakın üretim süresine sahip olması, yatay dereceli döküm tesisinin ve daha eski iki dikey derecesiz kalıplama hattının performanslarının direkt olarak karşılaştırılabilmesi anlamına gelmektedir. Ölçüleri sebebiyle tesisler arasında farklı bir şekilde dağıtılmış olsa da, iki sistemde de sadece fren diski üretimi yapılmaktadır.
- Dikey hatlarda her zaman kalıp başına 2 adet disk üretirken yatay hatta her bir kalıpta 2 büyük veya 6 küçük disk üretilmektedir.

Tablo 1: Yatay ve dikey makinalardaki üretim karşılaştırmaları, 2013.

Tesis	Üretim t/y	Döküm adetleri/y	Toplam Fire	Döküm hattıyla ilgili fire
Dereceli Hat	42,000	4,128,592	30,703 (0.8%)	17,217 (0.40%)
Derecesiz Hat	43,000	3,433,961	24,576 (0,74%)	5,151 (0.15%)

Tablo 2: Tablo 1'deki temel üretim hatlarındaki fire dağılım oranları

Tesis	Kum Düşmesi	Kalıp Kırılması	Kaçıklık	Kırılmış Göbek	Çapak	Bozuk Yüzey
Dereceli Hat	76.55%	16.32%	0.2%	6.52%	0.37%	0.13%
Derecesiz Hat	93.32%	5.49%	0%	1.06%	0.11%	0%

Tablo 3: Hatlarda meydana gelen duruşlar

Makina	Toplam Çalışma Zamanı	Duruş Nedeni	Duruş Yüzdesi %
Derecesiz Dikey Hat	94%	Model değişimi	1.4
		Makina sorunu	1.8
		Metal beklenmesi (malzeme değişimi)	1.2
		Alaşım Değişimi	1.0
		Diğer Sebepler	0.6
Dereceli Yatay Hat	94%	Metal beklenmesi (malzeme değişimi)	2.7
		Makina sorunu	2.5
		Kalan metalin otomatik dökümden boşaltılması	0.3
		Model temizliği	0.1
		Palet arabası değişimi	0.1
		Diğer sebepler	0.3

Dökümhanede önleyici bakım stratejisi uygulanmaktadır ve çalışanlar düzenli olarak eğitilmektedirler.

- Her iki proseste de model ve model plakaları dökme demirden yapılmaktadır. Her iki süreçte de ıskartaya çıkmadan önce beklenilen servis ömürleri 400,000 kalıptır.
- Dökümdeki kalıp kaçıklığı ya da ölçüsel hassasiyet hakkındaki detaylı bilgilerden yoksunuz. İki süreçte de önemli farklılıklar yokmuş gibi görünmektedir. Bütün parçalarda çapta 5 mm işleme payı eklenmektedir.
- Fren diski üretiminde döküm salkımının verimliliği konusunda iki sistem arasında önemli bir fark görülmemektedir: derecesiz dikey hatta %73.9, dereceli kalıplama sisteminde ise ortalama 73% salkım verimliliği hesaplanmıştır.
- Bu dökümhanede yalnızca iki kalıplama makinasının güç tüketiminin karşılaştırılması mümkün değildir. Yine de filtre üniteleri, titreşimli taşıyıcılar ve soğutma tamburu dahil edilerek iki üretim hattında enerji tüketimini karşılaştırmak mümkündür. Dikey üretim hattı saatte 232 kWh enerji harcarken, dereceli kalıplama hattındaki saatlik enerji tüketimi 625 kWh'dir. Hesaplanan rakamlara ısıtmalı döküm ocakları tarafından tüketilen enerji miktarı dahil edilmemiştir.
- İki sistem de farklı üreticilerden, kendi kum hazırlama tesislerine sahiptir (her biri için 120 t/h). Üretim hatları arasında uzaklık ve farklı özelliklerde kum talebi sebebiyle bu gereklidir. 2013 yılında dikey hat kum tesisindeki enerji tüketimi ortalama 530 kW/h iken, yatay hat kum tesisindeki tüketim 540 kWh idi.

TEŞEKKÜRLER