

Bilyeli Dövme Hakkında Temel Bilgiler ve Dikkat Edilecek Hususlar

Fundamentals of Shotpeening and Issues To Be Considered



Yaşar Altay

Makine Mühendisi - Kum Metal
Mechanical Engineer - Kum Metal

Büyük Çinli eğitimci ve filozof Konfüçyüs şöyle demiştir: “Ne bildiğinizi ve ne bilmediğinizi bilmek, gerçek bilgi budur.” Farklı kullanıcılar tarafından bilyeli dövme olarak sınıflandırılmaya devam eden “bir fiilin” ne olduğunu ve tam olarak kumlama ile ne farkı olduğunu söylemek istiyorum. Seneler önce tren vagonlarının yaylarını daha dayanıklı yapmak için tarih boyu kullanılan çekiçleme yöntemini Amerikalı üreticiler denemişler. Shotpeening bir soğuk işlem olup ve uygulamaya tabii tutulan parçaların genel şeklini bozmadan parçanın servis ömrünü uzatır.

Bilyeli dövme konusunda sizlere sektörel tecrübelerimi aktarmak amacıyla, temel bilgiler vereceğim ve ölçme tekniği hakkında kısa bilgiler sunacağım.

Shot Peening veya bilyeli dövme nedir? Kumlamadan Farkı ?

Bilyeli dövme (Shot Peening): Bu işlem, yüzeyi küçük metal veya seramik bilyelerle döverek metal yüzeyinde kalıcı plastik deformasyon ve basma gerilimi yaratmayı hedefler. Bu basma gerilimi, çatlakların ilerlemesini zorlaştırarak yorgunluk dayanımını artırır. Özellikle yorulma dayanımını iyileştirmek amacıyla uçak parçaları, otomobil yayları gibi parçalarda kullanılır. Milyonlarca yuvarlak (küresel şekle benzer) parçacığın, önceden belirlenen mesafe, hız, güç

Confucius, the great Chinese educator and philosopher, said: “Knowing what you know and what you do not know, that is true knowledge.” I would like to tell you what “a verb” is, which continues to be classified as shot peening by different users, and how exactly it differs from sandblasting. Years ago, American manufacturers tried the hammering method, which has been used throughout history to make the springs of train wagons more durable. Shotpeening is a cold process and extends the service life of the part without damaging the general shape of the applied parts.

In order to convey to you my sectoral experiences in shot peening, I will give basic information and brief information about the measurement technique.

What is shotpeening or shot peening? How is it different from sandblasting?

Shot Peening: This process aims to create permanent plastic deformation and compressive stress on the metal surface by beating the surface with small metal or ceramic balls. This compressive stress increases fatigue strength by making it harder for cracks to propagate. It is especially used in parts such as aircraft parts and automobile springs to improve fatigue strength. It is to shoot millions of round (similar in spherical shape) balls onto the surface of the desired pieces at a predetermined distance, speed, power and size in a

certain period of time.

What is Sand Blasting?

Sandblasting: Sandblasting aims to remove rust, dirt, paint or surface roughness by cleaning the surface with an abrasive substance (such as sand, aluminum oxide, steel sand). It makes the part cleaner and prepares it for subsequent processes (such as painting, coating).

Why is the shotpeening process necessary?

The working life of parts with ball treatment applied on their surfaces is longer compared to parts without treatment.

What changes does the shotpeening process cause in the parts?

Shot peening adds two useful things to the part component subjected to treatment. The first is to harden by hammering a thin layer of the surface of the part exposed to the application. Secondly, it causes useful residual compressive stresses in the surface layer. Both of these help stop cracks forming on the surface.

Why is compressive residual stress useful?

ve büyüklükte, istenilen parçanın yüzeyine belirli bir sürede püskürtülmesi işlemidir.

Kumlama Nedir?

Kumlama (Sandblasting): Kumlama, yüzeyi aşındırıcı bir madde (kum, alüminyum oksit, çelik kum gibi) ile temizleyerek pas, kir, boya veya yüzey pürüzlülüğünü gidermeyi amaçlar. Parçayı daha temiz bir hale getirir ve sonraki işlemler (boyama, kaplama gibi) için hazırlar.

Shot Peening işlemi neden gereklidir?

Yüzeyinde bilyeli işlem uygulanmış parçaların çalışma ömrü işlem yapılmamış parçalarla kıyasta daha uzundur.

Bilyeli dövme, uygulamaya maruz bırakılan parça bileşenine iki faydalı şey katıyor. Birincisi, uygulamaya maruz bırakılan parçanın yüzeyinin ince bir katmanını döverek sertleştirmesidir. İkinci olarak, yüzey katmanında yararlı artık basınç gerilmelerine neden olur. Bunların her ikisi de yüzeyde oluşan çatlakların durdurulmasına yardımcı oluyor.

Artık basınç gerilimi neden faydalıdır?

Artık gerilmeler, uygulanan mekanik yükler, termal yükler veya

faz değişimleri tarafından oluşturulan plastik deformasyondan sonra, malzemenin normal dengesi üzerine üretilir. Bir bileşene şekillendirme sırasında uygulanan mekanik ve termal işlemler ark kalan gerilme durumunu değiştirebilir. Kalan gerilmelerin ters yönünde döverek basınç gerilim uyguladığımız zaman başlanmış olan çatlakları durdurma şansımız oluşmakta veya diğer koşullarda şekillendirme işlemlerinden oluşan atom tanecik yapılarını örneğin dislokasyon boşluklarına etki ederek parça ömrünü kırılmalara karşı uzatabiliriz.

Özellikle Otomotiv ve havacılıkta araçların birçok hareketli bileşeni vardır. Değişken streslere maruz kalırlar. Alternatif gerilmeler ise yeterince yüksek olduğunda, "Yorulma" adı verilen bir durumda bileşen arızası meydana gelecektir. Bilyeli dövme yorulma nedeniyle hasara karşı direnç gösteren bir yüzey katmanı oluşturur.

Shot Peening ile yüzey direncinde iyileşmeyi nasıl anlarız?

Bilyeli dövme işlem sonucunu üç farklı aşamada numuneleri karşılaştırarak görebiliriz.

- Her test sonucunda grafik çizimle raporlayarak görebiliriz.
- Parçanın yorulmaya maruz bırakmak, test etmek.
- Mikroskobik analizlerle görsel incelemek.

Shot Peening in temel özellikleri nelerdir?

Her ne kadar imalatçılar, bu soğuk işleme sürecinin yararlarını uzun zaman önce fark etmiş olsalar da modern (bilya ile) dövme işlemi 1930'lerden beri yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. 1945 yılında John Almen, bilya püskürterek darbe vurmanın yoğunluğunu ölçmek için bir yöntem yayınladı. Bay Almen, birçokları tarafından modern (bilyeli dövme) işleminin babası olarak tanınıyor. Patenti Almen Strip olarak adlandırılan ince bir metal şeridi ve artı bir Almen Gauge olarak adlandırılan ölçüm makinesi için tescil edilmiştir. Bu makinede ölçüm yapılması için almen strip dediğimiz metal saç, bir bloğun üzerine 4 adet vida ile sabitlenip ve shot peening olacak parçaya monte edilerek bilya püskürtülmesine maruz bırakılır. Bir graf çizgisi ile Stripin eğriliğini göstere biliriz. Oluşan eğrinin yüksekliği vuruş şiddetini göstermektedir. Bu işlemi otomatik olarak bilgisayar aracılığıyla da çizebilir, ve farklı zaman, farklı vuruş değeri, vuruş hızı ve kum debisi açısından değerlendirilir. Bu eğriye doygunluk eğrisi de denilir. Altta mevcut örnek eğride, her noktada etken faktörleri açıklayabiliriz.

•**Bilya çapı ve sertliği:** Shot Peening işleminde parçanın malzemesi, kalınlığı ve yüzey pürüzlülüğüne göre bilya çapı ve sertliği belirlenir. Bilyanın türü (çelik, paslanmaz vb) önceden parçaya göre seçilir. Bir shot peening makinesinde otomatik bir elek sistemde olması gerekmektedir. Elek sisteminin olmadığı takdirde doğru bir bilyeli dövme işlemi yapılmamış olabilir veya işlem sonucu gerekli yüzey pürüzlülüğüne ve özelliklerine ulaşmak zordur.

Residual stresses are produced upon normal equilibrium of the material, after plastic deformation created by applied mechanical loads, thermal loads, or phase changes. Mechanical and thermal treatments applied to a component during forming can now change the residual stress state. When we apply pressure stress by hammering in the opposite direction of the remaining stresses, we have the chance to stop the cracks that have started, or in other cases, we can extend the life of the part against breakages by affecting the atomic particle structures formed by shaping processes, for example, dislocation gaps.

Particularly in Automotive and aviation, vehicles have many moving components. They are exposed to variable stresses. When alternating stresses are high enough, component failure will occur in a condition called "Fatigue". Shot peening creates a surface layer that resists damage due to fatigue

How do we understand surface resistance improvement with shotpeening?

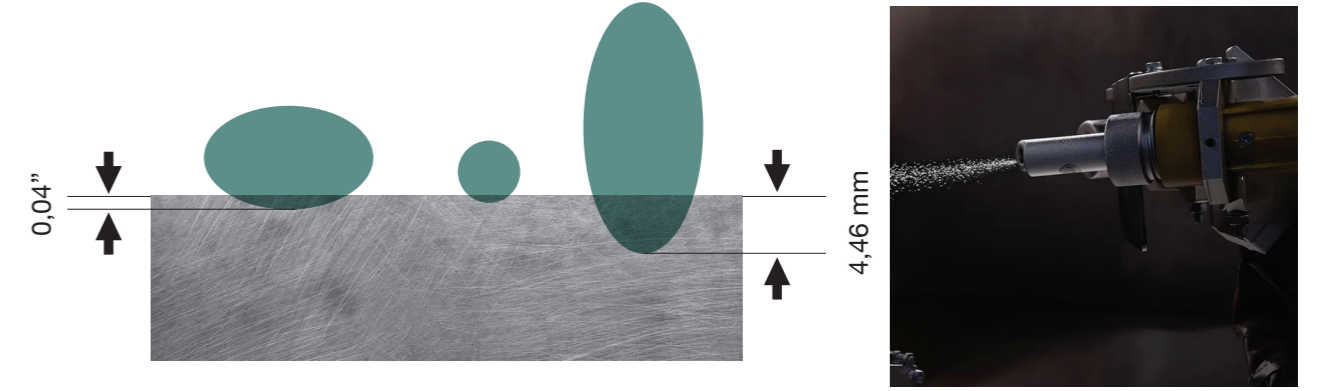
We can see the shot peening process result by comparing the samples in three different stages.

- We can see each test result by reporting it graphically.
- To subject the part to fatigue and test it.
- To examine visually with microscopic analysis.

What are the basic properties of shotpeening?

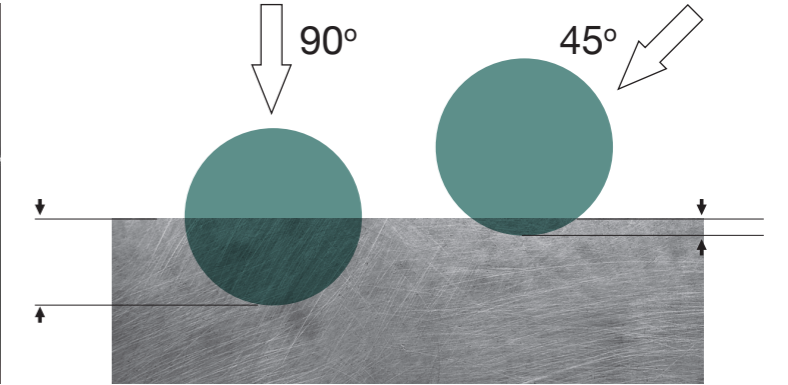
Although manufacturers recognized the benefits of this process long ago, the modern shot peening process has been widely used since the 1930s. In 1945, John Almen published a method to measure the intensity of shot peening. Mr. Almen is known to many as the father of the modern shot peening process. He was patented for a thin strip of metal called the Almen Strip, plus a measuring machine called the Almen Gauge. In order to make measurements in this machine, the metal sheet, which we call Almen strip, is fixed on a block with 4 screws and mounted on the part that will be shot peening and exposed to shot spraying. We can show the curvature of the Strip with a graph line. The height of the resulting curve indicates the impact intensity. This process can also be drawn automatically through the computer, and it is evaluated in terms of different time, different stroke value, stroke speed and sand flow rate. This curve is also called the saturation curve. In the example curve below, we can explain the factors at each point.

• **Ball diameter and hardness:** In the shotpeening process, ball diameter and hardness are determined according to the material and thickness of the part and surface roughness. The type of ball (steel, stainless, etc.) is selected in advance according to the part. A shotpeening machine must have an automatic sieve system. If there is no screen system, a correct shot peening process may not have been performed or it may be difficult to achieve the required surface roughness and properties as a result of the process.



•**Impact angle:** By definition, the impact angle should be 90°. If there is an angle of less than ninety degrees between the surface of the workpiece and the shot source, the impact intensity decreases and the impact depth decreases.

•**Çarpma açısı:** Tanım olarak çarpma açısı 90° olmalıdır, eğer işlem gören parçanın yüzeyi ile atış kaynağının arasında 90° daha az bir açı olursa vuruş yoğunluğu azalır, etki derinliği düşer.

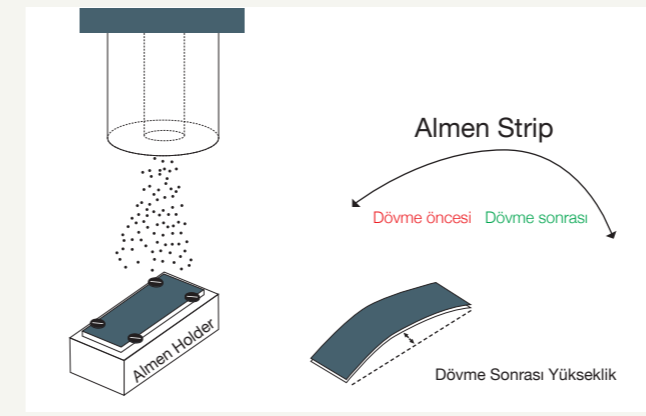


•**Ball flow rate:** It is controlled by a special sand flow meter valve. Special valves are produced in different models and with different control systems, depending on the manufacturer and machine. The valves are normally closed, an electrical actuator is needed to control the media flow rate. In automated machines, these valves are mostly driven by PLC systems.

•**Bilya debisi:** Özel kum debisi ölçer valf ile kontrol edilmektedir. Özel valfler üreticisine ve makinesine bağlı farklı modellerde ve farklı kontrol sistemler ile üretilmektedirler. Valfler normalde kapalı durumdalar, medya akış hızını kontrol etmek için bir elektriksel tahrike ihtiyaç duyulur. Otomasyonlu makinelerde bu valfler ağırlıklı PLC sistemler ile tahrik edilir.

•**Impact distance:** Considering that the shotpeening process is carried out on a turbine or pneumatic machine, the shot peened part may be exposed to different amounts of impact. This distance should be determined during the setup phase before an operation.

•**Çarpma mesafesi:** Shot Peening işleminin türbinli veya havalı bir makinede yapılmasını düşünerek, dövme maruz bırakılan parça farklı miktarlarda darbeye maruz kalabilmektedir. Bir işlem öncesi set up aşamasında bu mesafe tespit edilmelidir.



•**Intensity veya Almen şiddeti:** Parçanın üzerine uygulanan şiddetin miktarına intensity veya almen şiddeti denilir. En basit halde bir saniyede bir nozuldan veya türbinden püskürtülen tanecik (aşındırıcı) miktarına da intensity denilebilir. Bir parçanın üzerine püskürtülen bilya miktarı ile uygulanan darbe ve enerjini ölçmek için almen şeridi veya almen strip kullanılıyor. Almen şeridi set up aşamasında parçanın dövme yapılacak yerine almen holder (almen tutucu) vasıtasıyla sabitlenir ve bilyeli dövme işlemine maruz bırakılır. Bilyeli dövme işlem sonucu bir eğri (Arc) oluşur. Bu eğri yüksekliği almen test cihazında ölçülür ve elde edilen miktar çarpma şiddetini ve neticede parçaya uygulanacak şiddetin miktarını gösterir.

•**Almen Strip:** Ölçüm işlemi için Almen strip dediğimiz metal plakaları kullanıyoruz. Almen plakaları uygulanan vuruş şiddetine göre farklı kalınlıklara sahiptirler. Özelliklerine göre tanınmış plakalar N, A ve C tipleridir. Kalınlık önemli bir faktör olduğundan müşterilerin beklentilerini direkt etkilemektedir. Almen test kuralı olarak şiddet arttıkça almen kalın plaka tercih edilir. Almen plakaları normalde dikdörtgendir ve hem standart boyutta hem de "mini plaka" olarak bulunur. Ayrıca dairesel almen plakaları da mevcuttur. SAE J442 standartta, N, A ve C olarak adlandırılan üç tip Almen plaka kalınlığını belirtir. Karşılık gelen kalınlık aralıkları sırasıyla 0.76 / 0.81, 1.27 / 1.32 ve 2.36 / 2.41 mm'dir. Üçü de 75,6 / 76,6 mm uzunluğunda ve 18,85 / 19,05 mm genişliğinde yaklaşık aynı boyut aralıklarına sahiptirler. Şekilde, dövme yoğunluğunun kesit kalınlığı ile ilişkisini gösteren verileri sunmaktadır.

•**Intensity or Almen intensity:** The amount of violence applied to the part is called intensity or almen intensity. In its simplest form, the amount of particles (abrasive) sprayed from a nozzle or turbine in one second can be called intensity. Almen tape or Almen strip is used to measure the impact and energy applied by the amount of ball sprayed on a part. During the set-up phase, the Almen strips are fixed to the part to be forged by means of an Almen holder and subjected to the shot peening process. A curve (Arc) is formed as a result of the shot peening process. This curve height is measured in the Almen test device and the amount obtained indicates the impact intensity and ultimately the amount of violence to be applied to the part.

•**Almen Strip:** We use metal plates called Almen strips for the measurement process. Almen plates have different thicknesses depending on the intensity of the shot applied. Well-known plates according to their features are N, A and C types. Since thickness is an important factor, it directly affects customers' expectations. As a rule of Almen test, as the intensity increases, thicker Almen plate is preferred. Almen plates are normally rectangular and are available in both standard size and "mini plates". Circular almen plates are also available. SAE J442 was the standard, it specifies three types of Almen plate thickness called N, A and C. The corresponding thickness ranges are 0.76 / 0.81, 1.27 / 1.32 and 2.36 / 2.41 mm, respectively. All three have approximately the same size ranges of 75.6 / 76.6 mm in length and 18.85 / 19.05 mm in width. The Figure presents data showing the relationship of shot peening density to section thickness.

as 200%. When subcontracted shotpeening services are requested, customers normally specify the type of peening, shot size, percent coverage and the "Petting Intensity" that should be applied to the components. These are determined based on previous experience. The percent coverage for coverage is controlled by the time period over which a particular shotpee occurs.

How to measure coverage: The simplest way to measure coverage is to use comparative comparators. These comparators are pre-prepared surfaces according to different SAE J2277-2009 standard.

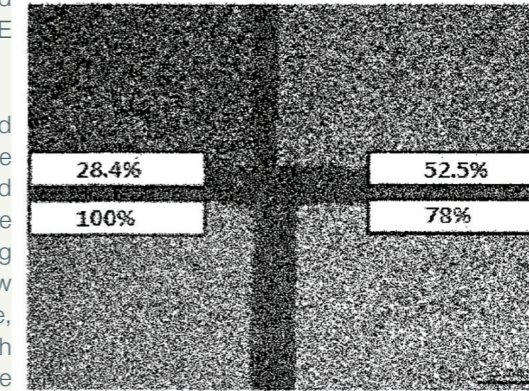
The results are compared by eye and the closest value is selected. The second method and the most used method is practically based on the knowledge of the person performing the transaction. It is related to how many balls are sprayed per unit time, with what intensity and onto which material. Coverage or covering value is completely independent of the severity of the Almen. The covering value is actually the sum of many indentations.

The third method is measurement with special electronic-based machines. Measuring with sound or light waves with a special machine can be more sensitive and faster, and the cost of this sensitivity is expected to be higher in monetary terms. One may think that exposure to more processes may yield a better result, which does not mean a better result.

Shot peening and sandblasting are two methods that are both used in surface treatments but serve different purposes. In summary, shot peening is a process aimed at strengthening a surface and increasing fatigue resistance, while sandblasting is a process aimed at cleaning and preparing the surface. Shot Peening: It is used in industries where high fatigue resistance is required, such as aviation, automotive and energy. Sandblasting: Used in stainless steel, casting, construction and general surface cleaning processes. Shot Peening: Generally steel, ceramic or glass balls are used. These balls hit the surface with a certain speed and force. Sandblasting: Finer abrasive materials such as sand, aluminum oxide, steel grit are used. Sandblasting, unlike shot peening, is done with smaller particles. Shot Peening: A controlled force is applied to the surface and a hammering effect is created at the microscopic level. This creates compressive stresses on the surface, hardening the surface and increasing fatigue strength. It provides a positive change on the microstructure without any material loss on the surface. Sandblasting: Abrasive material is sprayed on the surface to remove foreign matter and increase the roughness of the surface. Since sandblasting erodes a very thin layer from the surface, there is a physical loss on the surface and the surface becomes rougher.

Fason olarak shot peening hizmeti talep edildiği zaman müşteriler normal olarak dövme türünü, bilya boyutunu, örtünme yüzdesini ve bileşenler üzerine uygulanması gereken "Dövme Yoğunluğu"nu belirlerler. Bunlar önceki deneyimlere dayanarak belirlenir. Coverage için yüzde kapsamı, belirli bir bilya püskürmesinin gerçekleştiği süreye göre kontrol edilir.

Coverage nasıl ölçülür: Coverage ya örtünme değerinin en basit ölçme şekli karşılaştırılmalı komparatörleri kullanmaktır. Bu komparatörler farklı SAE J2277-2009 standardına göre önceden hazırlanmış yüzeylerdir.

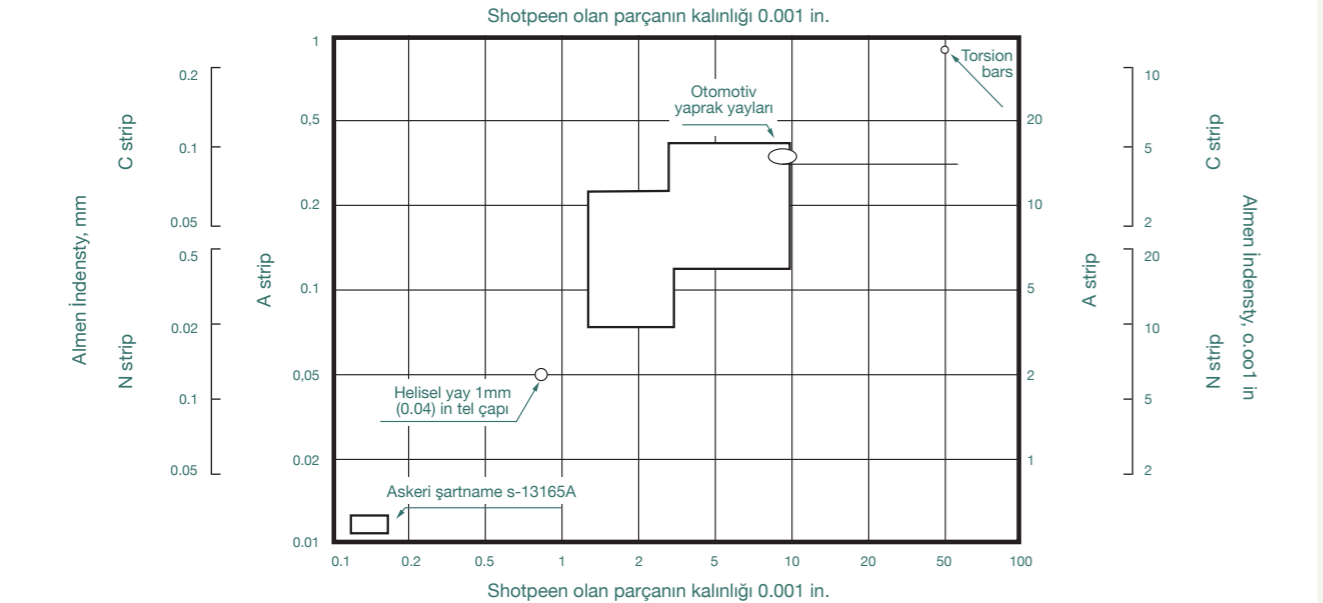


Sonuçlar gözle karşılaştırılır ve en yakın değer seçilir. İkinci yöntem ve en çok kullanılan uygulamalı olarak işlem yapanın bilgisine dayalıdır. Birim zamanda ne kadar bilyenin hangi şiddetle ve hangi malzemeye püskürtülmesi ile ilişkilidir. Coverage veya örtünme değeri almen şiddetinden tamamen bağımsızdır. Örtünme değeri aslında oluşan bir sürü girintinin toplamıdır.

Üçüncü yöntem özel elektronik temelli makineler ile ölçmektir. Özel makine ile ses veya ışın dalgaları ile ölçüm yapmak daha hassas ve daha hızlı olabilir ve bu hassasiyetin bedelinin parasal olarak daha fazla olması beklenir. Daha fazla işleme maruz kalmak daha iyi bir sonuç verebilir düşüncesine kapılır bu daha iyi bir işlem sonucu demek değildir.

Bilyeli dövme (shot peening) ve kumlama (sandblasting), her ikisi de yüzey işlemlerinde kullanılan ancak farklı amaçlara hizmet eden iki yöntemdir. Özetle, bilyeli dövme bir yüzeyi güçlendirme ve yorgunluk dayanımını artırma amaçlı, kumlama ise yüzey temizleme ve hazırlama amaçlı bir işlemdir.

Bilyeli dövme: Havacılık, otomotiv, enerji gibi yüksek yorulma dayanımına ihtiyaç duyulan endüstrilerde kullanılır. Kumlama: Paslanmaz çelik, döküm, inşaat ve genel yüzey temizleme işlemlerinde kullanılır. Bilyeli dövme: Genellikle çelik, seramik veya cam bilyeler kullanılır. Bu bilyeler belirli bir hız ve kuvvetle yüzeye çarptırılır. Kumlama: Kum, alüminyum oksit, çelik grit gibi daha ince aşındırıcı malzemeler kullanılır. Kumlama, bilyeli dövmeden farklı olarak daha küçük partiküllerle yapılır. Bilyeli dövme: Yüzeye kontrollü bir kuvvet uygulanır ve mikroskobik seviyede çekiçleme etkisi yaratılır. Bu, yüzeyde basma gerilmeleri oluşturarak yüzeyi sertleştirir ve yorgunluk dayanımını artırır. Yüzeyde herhangi bir malzeme kaybı olmadan, mikroyapı üzerinde pozitif bir değişim sağlar. Kumlama: Aşındırıcı malzeme yüzeye püskürtülerek yüzeydeki yabancı maddeler uzaklaştırılır ve yüzeyin pürüzlülüğü artırılır. Kumlama, yüzeyden çok ince bir katman aşındırdığı için yüzey üzerinde fiziksel bir kayıp olur ve yüzey daha pürüzlü hale gelir.



Coverage değeri: Bilyeli dövme maruz kalma etkisi bu terimin en basit açıklamasıdır. Bu terim yüzde ile ifade ederler. Bu etki alanı püskürme hızına, tane boyutuna ve püskürtme debisi ile değişmektedir. Belirlenen kriterlere göre yapılan işlemler 100% coverage olarak tanımlanır. İki kez aynı Alana uygulama yapıldığında %200 gibi rakamlarla tanımlanır.

Coverage value: Shot peening exposure effect is the simplest explanation of this term. They express this term as a percentage. This area of influence varies with the flow rate, shot ball size and spray rate. Transactions performed according to the specified criteria are defined as 100% coverage. When applied to the same area twice, it is defined