

## 5. AĞIRLIK ÖLÇME CİHAZLARI

### [\(Ref. e makaleleri\)](#)

Ağırlık, bir kütleyle, bulunduğu yere göre etki eden yerçekimi kuvvetidir; kütle ile ağırlık arasındaki ilişki aşağıdaki formülle açıklanabilir:

$$W = m \cdot g$$

W = ağırlık, m = kütle,

g = yerçekiminin meydana getirdiği ivmedir.

Bu formül Newton'un gravitasyon kanununda çıkarılmıştır; kanuna göre, bütün nesnelere birbirlerine çekme kuvveti uygularlar. Yeryüzündeki veya civarındaki her şey dünya merkezine doğru çekilir; bu çekme kuvveti, ağırlıktır.

Proses sanayinde miktarsal ölçmeler için göz önüne alınması gereken değişken, küttedir. Ancak pratikte kütle yerine kütleyle dünyanın uyguladığı çekim kuvveti, yani ağırlık kullanılır. Gerçekte dünya üzerindeki her noktada yerçekimi ivmesi aynı değildir. Bulunan yere göre çok küçük farklar vardır; aynı kütle için ekvatordaki ağırlığı ile kutuplardaki ağırlığı bir miktar farklıdır. Ancak pratikte bu fark ihmal edilmiştir ve kütle yerini ağırlık kavramı almıştır.

Proses sanayinde kütle transferini belirlemek için çoğunlukla debi ölçme sistemleri kullanılır. Özellikle gaz, buhar ve sıvılar için debi ölçme büyük kolaylık ve ekonomi sağlar. Ancak katı maddelerin ve viskozitesi çok yüksek ve tortulu sıvıların debilerini ölçmede önemli zorluklar vardır; bu nedenle, debi ölçme yerine, birim zamanda transfer edilen malzemenin ağırlığının ölçülmesi veya tartılması gerekir.

Sanayide çok çeşitli ağırlık ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlarla genellikle debi ölçme cihazlarına göre daha doğru ölçmeler yapılabilir. Bu tip yöntemlerin en büyük üstünlükleri ise sıcaklıktan, belli sınırlar içinde, etkilenmemeleridir.

Bu bölümde anlatılan tartı cihazlarına yüzlerce yıldan beri kullanılan mekanik kollu teraziler, yaylı terazi veya kantarlar da ilave edilmiştir. Ancak daha çok, son yıllarda giderek artan miktarlarda kullanılan hidrolik ve havalı yük hücreleri ve elektronik gerilme göstergeleri üzerinde durulmuştur.

## 1. Mekanik Kollu Teraziler ve Kantarlar

Çok sayıda ağırlık ölçme tesisatında, hemen hemen her tip tartı işlemlerinde mekanik kollu terazi ilkesine göre çalışan cihazlar kullanılır. Bunlar doğru, güvenilir, bakımı ucuz, ancak bir miktar pahalı sistemlerdir.

Mekanik kollu terazilerin çoğu tartılan ağırlığın bir göstergede izlenmesi veya kayıt cihazında kaydedilmesi şeklinde kullanılırlar. Uzak noktalara sinyal gönderilmesi gerektiğinde çoğu kez başka tip cihazlar tercih edilir; çünkü standart sinyal üretimine çok daha uygun cihazlar vardır.

Bilinen en eski tip mekanik terazi Şekil-33(a) da görülmektedir. Bu cihazla oldukça hassas tartı işlemleri yapılabilir. Mekanizma iki kefenin boşken aynı hizada dengelenmesi esasına göre çalışır. Bir kefeye tartılacak ağırlık, diğerine denge sağlanıncaya kadar bilinen ağırlıklar konulur.

Şekil-33(b) de yine kollu ve basit bir mekanik kantar görülmektedir. Burada W tartılan ağırlık, P kütlesi bilinen ağırlıktır; kaldıraç eksenine olan B mesafesi değişkendir. Kantar kolu dengede yani tam yatay durumdayken,

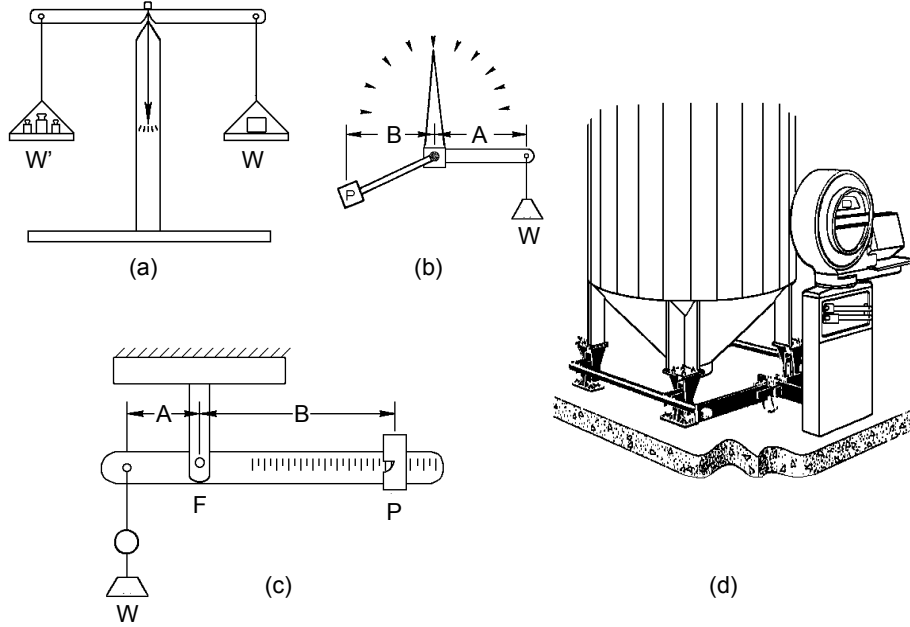
$$W.A = P.B$$

dir. B mesafesi W ağırlığı ile orantılı olarak değişir; B, doğrudan ağırlığı gösterecek şekilde taksimatlandırılabilir.

Şekil-33© de görülen sarkaç terazi de benzer şekilde çalışır. Bunda da  $W.A = P.B$  dir; ancak B mesafesi, kaldıraç kolunun dönme miktarı ile veya düşeyle yaptığı açının sinüsü ile orantılı olarak değişir. Burada da dönme açısını gösteren kadran doğrudan ağırlığı belirtecek şekilde taksimatlandırılabilir.

Uygulamada mekanik kollu tartı cihazlarının çoğu basit bazı mekanizmaların bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Örneğin Şekil-33(d) de bir mekanik tank kantarı görülmektedir. Tank ağırlığının kantar sarkaç koluna iletilmesi için bazı mekanizmalar kullanılmıştır. Sarkacın ağırlık etkisi ile dönüşü göstergeyi hareket ettirir. Tankın veya kabın içindeki malzemenin tartılması gerekiyorsa, tara ağırlığını karşılayacak denge ağırlıkları kullanılır. Böylece tank boşken ibre sıfırı gösterir.

Elle çalıştırılan, ölçtüğü ağırlığı bir gösterge dışında bir karta veya şerit banda yazarak yazılı bilgi veren mekanik platform kantarları günlük hayatta geniş çapta kullanılmaktadır.



Şekil-33: Mekanik kollu teraziler ve kantarlar; (a) ve (b) basit mekanik kollu teraziler, (c) sarkaç kollu bir kantar, (d) mekanik bir tank kantarı

Bazı yazıcı cihazlar (printer) dış enerji kaynağına ihtiyaç gösterirler. Bunlar genellikle, derinliği kantar boyutuna göre değişen bir hendek veya çukur içine monte edilirler. Hendekte çok iyi drenaj olanağı sağlanmalı, gerekli görülüyorsa havalandırma yapılmalıdır. Ağır vasıtaların kantar üzerine çıkarken meydana getirebilecekleri darbe ve şokları önlemek için uygun bir çıkış bölümü gereklidir. Kantarın faydalı ömrünü uzatmak için mekanizma kolları ve destekler üzerine darbeli yük gelmesi önlenmelidir.

Mekanik kantarların proses tesislerinde tank kantarı, silo kantarı gibi çok sayıda uygulaması vardır. İmalatçılar yıllardan beri çok değişik tasarımlar geliştirmişlerdir.

Mekanik kantarların bakımları çok önemlidir; ancak basit yapıları nedeniyle bakım işi genellikle zorluk göstermez. Cihazın doğru ve hassas çalışması için sürtünme kayıplarının çok düşük olması gerekir. Bunun için bıçak keskinliğinde üçgen destekler (mesnetler) ve özel yataklar kullanılır. Bunların paslanmaları veya aşınmaları cihazın fonksiyonlarını büyük çapta etkileyerek duyarlılığını ve doğruluğunu

azaltır. Diğer taraftan çalışırken meydana gelen titreşim ve rezonanslar cihazın faydalı ömrünü çok kısaltır.

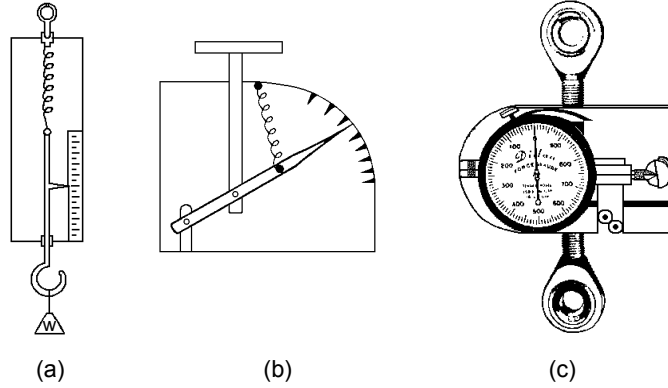
## 2. Yay Dengeli Kantarlar

Yay kantarların çalışması, kuvvet etkisi altında, yayın kuvvetle orantılı olarak uzaması ilkesine dayanır. En basit bir yaylı kantarın yapısı Şekil-34a da görülmektedir. Yaya asılı olan  $W$  ağırlığı yayın ağırlıkla orantılı olarak uzamasını sağlar; kadran doğrudan ağırlığı belirtecek şekilde taksimatlandırılmıştır.

Basit kollu cihazlar ve yay dengeli sistemlerin birleştirilmeleriyle çok değişik terazi ve kantarlar geliştirilmiştir. Şekil-34(b) de bunlardan bir örnek görülmektedir. Yayın sıcaklığı arttıkça uzunluğu artar ve elastiklik modülü azalır. Bu durum sıfır noktasının sapmasına ve birim ağırlıktaki uzamanın değişmesine neden olur. Sıcaklık etkisinin meydana getireceği hataları azaltmak için özel alaşımli yaylar ve kompensasyon yayları kullanılır.

Bütün yaylı tartı cihazları yayın çalışma sınırları içinde doğru sonuç verirler. Yay çalışma sınırı dışında bir kuvvetle veya ağırlıkla zorlandığında artık tekrar eski sıfır noktasına dönemez ve skalada kalıcı bir hata gözlenir.

Şekil-34a ve 34b de görülen yaylı kantarlar, pahalı cihazların gerekli olmadığı çabuk ve yaklaşık tartı işlemlerinde kullanılırlar.



Şekil-34: Yaylı kantar çeşitleri; (a) basit bir yaylı kantar, (b) basit kollu kantar ve yaylı kantarın birleştirilmesiyle elde edilen bir tartma sistemi, (c) dinamometre.

Dinamometre olarak isimlendirilen diğerk bir yaylı tartı cihazı öncelikle kablo ve tel halatların gerilme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılır (Şekil-34c).

Gerilme göstergeli yük hücrelerinde (load-cell) yaylar kullanılır. Bu cihazlarda, yay ile bağlantısı olan telin uzama veya yükselmesinin meydana getirdiğı elektrik direnci değışiminden yararlanır. Ölçülen şekil değışimi, bir kolonun uzaması veya basınç etkisi altında sıkıştırılması olduğı gibi, eğilmesi de olabilir. Her durumda yay denge ilkesi kullanılmaktadır. Bu cihazlar ayrı bir bölüm halinde incelenmiştir.

Yay dengeli kantarlar hafif ağırlıkların tartılmasına uygun, doğru çalışan ve ekonomik cihazlardır.

### 3. Hidrolik Yük Hücreleri (Load Cell)

Hidrolik yük hücreleri, etkiye tepki dengesi ilkesine göre çalışan cihazlardır. Ölçülen ağırlık bir piston üzerine kuvvet uygular. Piston bu kuvveti sızdırmazlığı çok iyi sağlanmış hidrolik sıvısına iletir. Şekil-35(a) da görülen tipteki bir hidrolik yük hücresinde, sürtünmeleri yok ederken şekil değıştiren bir diyafram kullanılır. Dizayn gereğı diyaframın kendiliğinden yatay kalma özelliğı vardır. Şekil-35(b) deki tipte ise, üstte bir plaka (stay plate), dipte köprü bileziğı tarafından ekseninde tutulan bir silindirik bulunur. Böylece yan yüklere karşı bir denge ve direnç sağlanır. Cihazda tüm çalışma aralığı içinde çok küçük bir düşey hareket meydana gelir (0.030 inç = 0.762 mm). Her iki tipte de hidrolik basınç hücresinde yaratılan basınç ağırlıkla orantılıdır.

$$P = F/A$$

$$P = \text{basınç (psi, kg/cm}^2\text{)}, F = \text{ağırlık (pound, kg)}, A = \text{alan (inç}^2\text{, cm}^2\text{)}$$

Piston alanı sabit olduğundan sıvının hidrostatik basıncı ağırlık ile doğrudan orantılıdır, ancak tartma yapılmadığı zaman gösterge sıfırda duracak şekilde ayarlanmalıdır. Tank, destek v.s. gibi teçhizatın ağırlığını karşılayarak hidrolik basınç kompanze edilir. Herhangi bir aksamdaki değışiklik veya hareket, tekrar sıfırlama işleminin yapılmasını gerektirir.

Hidrostatik basınç, konvensiyonel bir bourdan tüpüne sevk edilerek basıncın okunması veya bir trasmitter vasıtası ile standart bir sinyal haline getirilerek uzak noktalardaki okuma, kayıt veya kontrol cihazlarına iletilmesi mümkündür.

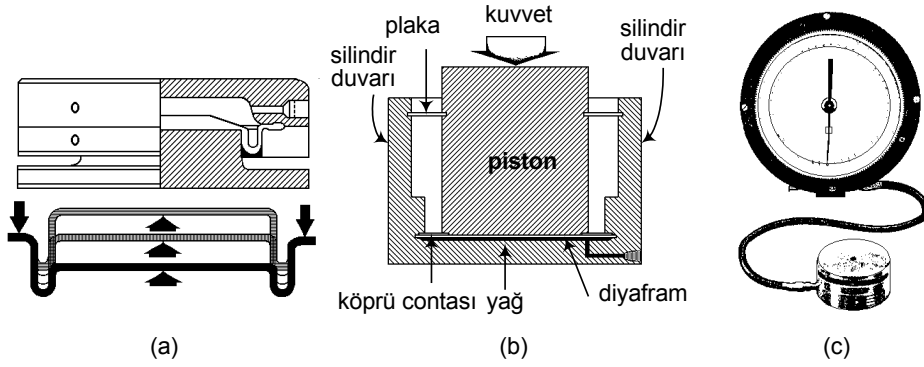
Hidrostatik yük hücrelerinin kullanma süreleri oldukça uzundur. Sadece gösterge olarak çalıştırıldığında herhangi bir dış enerjiye gerek göstermezler, yük değışim-

lerine tepkileri oldukça hızlıdır, sıcaklık değişimlerine duyarlılığı bir dereceye kadar çok azdır, hidrolik doldurma sıvısının miktarından etkilenmezler, istenirse hidrolik basıncın esnek hortumlarla iletilmesi mümkündür. Hidrolik yük hücreleri, elektrik enerjisi gerekmediğinden tehlikeli sahalar için çok uygun cihazlardır.

Hidrostatik sistemde olabilecek herhangi bir kaçak ünitenin çalışmasının derhal etkiler. Kaçaklar aynı zamanda ürünün kirlenmesine neden olan kaynaklardan biri olarak düşünülmelidir.

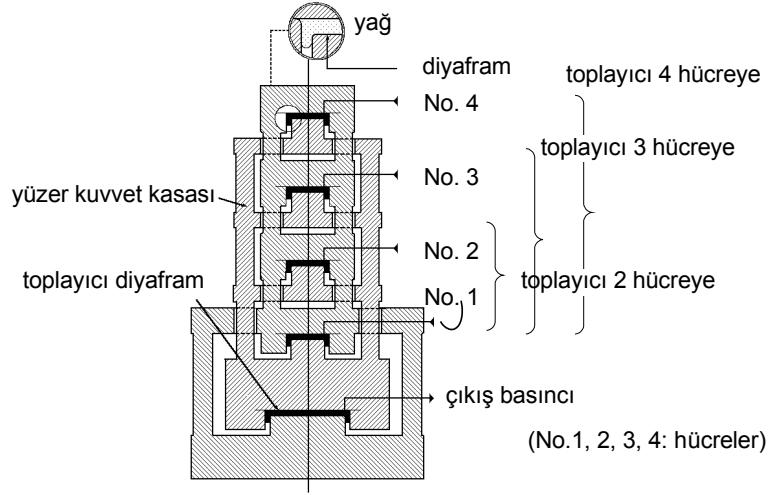
Şekil-35(c) de basit bir hidrolik yük hücresi uygulaması görülmektedir. Burada hidrolik sistem, ağırlığa göre derecelendirilmiş göstergesi çalışır.

Birkaç destek noktasına oturan bir yapının veya tankın toplam ağırlığını elde etmek için birkaç yük hücresi kullanıldığında hücrelerin çıkışları Şekil-36 de görülen bir hidrolik toplama cihazına (totalizer) verilebilir. Hücrelerin çıkışları toplama cihazının girişine bağlantılıdır.

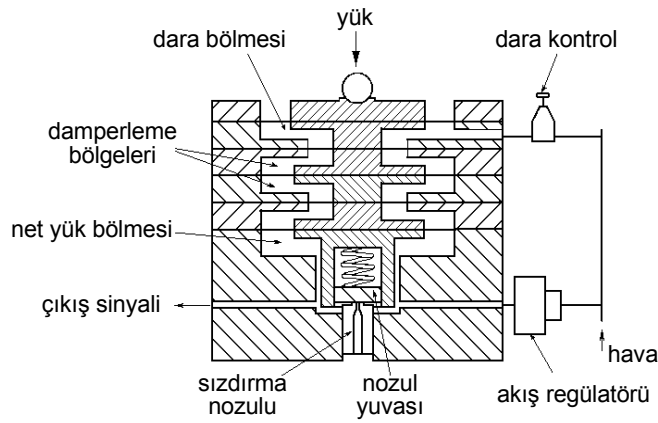


Şekil-35: Hidrolik yük hücreleri; (a) konvansiyonel piston hücrelerindeki sürtünmelerin bir diyaframla giderildiği bir hidrolik yük hücresi, (b) plaka ve silindirli hidrolik yük hücresi, (c) hidrolik sistemin ağırlığa göre derecelendirilmiş bir göstergesi hareket ettirdiği bir hidrolik yük hücresi.

Burada her giriş yüzer bir kuvvet şasesiyle bir kuvvet haline dönüştürülür. Daha sonra bu kuvvetler bir tek hidrolik basınca çevrilerek göstergede okunabilir veya sinyal olarak iletebilir. Toplama cihazı kullanıldığında her hücrenin kendi basınç göstergesine sahip olması istenir. Aksi halde herhangi bir hücrede meydana gelebilecek bir kaçağın saptanması çok güç olur.



Şekil-36: Bir hidrolik toplama cihazı (totaliser)



Şekil-37: Havalı yük hücresi kuvvet denge prensibiyle çalışır; yükün artışı, nozuldan dışarı kaçan hava debisini azaltarak ağırlıklı orantılı bir çıkış sinyali elde edilmesini sağlar

.Hidrolik yük hücreleri yüksek darbeli yüklere uygundur. Aşırı yüklemelere, doğruluğunu kaybetmeden veya sıfır noktası yer değiştirmeden dayanabilirler. Sıcaklık değişimlerinin etkisi azdır. Yine de iyi dizayn edilmiş yük hücreleri hem çalışma

aralığı (span), hem de sıfır noktası için sıcaklık kompensatörlerine sahiptir. İmalatçıların çoğu standart çalışma aralığı sınırları olarak 0 °F ile 120 °F (yaklaşık -18 ile + 50 °C) verirler ve bu aralıkta çalışmayı garanti ederler.

Hidrolik yük hücresi yüksek bir doğal frekansa sahiptir ve tepki hızı çok yüksektir. Bu nedenle yüksek tepki hızı gerektiren moment ölçme sistemlerine uygulanabilirler.

#### 4. Havalı Yük Hücreleri

Havalı yük hücreleri öncelikle sürekli besleyici tesisatlarda (feeder) kullanılır. Ancak pratikte hücre başına gelen ağırlığın 9800 pound (yaklaşık 4.5 ton) olduğu tüm tartı işlemlerinde kullanılmaktadır.

Şekil-37 te pek çok tartı işleminde kullanılabilen bir yük hücresi görülmektedir. Bu hücre kuvvet denge prensibi ile çalışır. Net yük diyaframı altındaki basınç, ünite üzerine yerleştiren yükü otomatik olarak karşılayacak şekilde ayarlanmaktadır. Yükü meydana getiren ağırlık büyüdükçe nozuldan kaçan hava akımı azalacak şekilde, nozul yuvası nozula doğru yaklaşarak hava kaçağını kısıtlar, yük hücresindeki basınç artar. Bu artış hava basıncı ile diyafram alanının çarpımının meydana getirdiği kuvvet, uygulanan ağırlığa eşit oluncaya kadar devam eder. Sonuçta daha az bir hava kaçağı ile denge sağlanır. Eğer yükü meydana getiren ağırlık azalır, bu defa açıklanan olayın tersi meydana gelir; nozul yuvası nozuldan uzaklaşarak hava kaçağını artırır ve kaçağın artışı denge sağlanıncaya kadar devam eder. Akış regülatörü basınç farkından bağımsız olarak sabit bir akış sağlayarak çıkan debiyi kontrol eder.

Damperleme hücresi darbeleri yüklemeyi yok ederek hızlı yük değişimlerinde ortalamaı sağlar. Dara ağırlığı bölümü ayrı bir regülatör tarafından basınçlandırılarak ölçülmesi istenmeyen ağırlığın etkisini yok eder ve göstergenin sıfırı göstermesini sağlar. Havalı çıkış basıncı, hücre içinde dengeyi sağlayan hava basıncıdır. Bu basınç konvensiyonel basınç göstergesine ve transmitter girişine standart sinyal olarak verilir. Göstergenin taksimatı dorudan istenen birimde ağırlığı gösterecek şekilde taksimatlandırılır.

Bu tip hücreler standart 3-15 psi çıkış sinyalleri ile 0-7 den 0-2450 pounda kadar kapasitelerde imal edilmektedir. Standart dışı 51 psi sinyal kullanılarak maksimum yükü 9800 pounda kadar çıkan hücreler de bulunmaktadır. Daha büyük kapasite gerektiğinde iki veya daha fazla hücre kullanılarak bunların çıkış sinyalleri, daha



önce anlatılan hidrolik toplama cihazına verilebilir. Sinyaller 3-15 psi aralığındaysa bir ortalama taksimat rölesiyle bunların ortalaması alınabilir.

Havalı yük hücreleri özellikle tehlikeli ve patlamalı sahalar için uygundur; özel olarak sızdırmazlık sağlanması gerektiren iletim sistemlerine ihtiyaç göstermezler, sıcaklıkla ilgileri çok azdır, hava veya diğer bazı gazlar çalışma ortamı olarak kullanılabilir. Ancak kullanılan gazın kuru olması gerekir; gazın içerdiği su buharının yoğunlaşması ve 0 °C nin altında donması çok önemlidir. Ani yük değişimlerine yavaş tepki verirler; bu nedenle test işlemlerinde kullanılmazlar. Bununla birlikte bu özellik, hareketli malzemelerin tartılmasında, konveyör bantlarında ve sürekli akan bir malzeme tarafından doldurulan tankların ağırlıklarının ölçülmesinde istenilen bir özelliktir.

## 5. Elektrikli Yük Hücreleri

### Gerilme Göstergesi (Strain Gauge) Hücreleri

Gerilme göstergeli hücreler sanayide gerilme göstergesi bilinen iletken tel ızgaralardır. Hassas olarak işlenmiş takviye kolonlarına gömülü olan ızgara Şekil-38(a) da görülmektedir. Bu iletken ızgaralar çoğunlukla bir Wheatstone köprü devresine bağlanırlar (Şekil-38b).

Şekil-38(a) da F ile gösterilen yük veya ağırlık destek kolonuna uygulandığında, kolon sıkışarak uzunluğu azalır. Gömülü ızgaralar  $X_1$  ve  $X_2$  nin aynı şekilde uzunlukları azalır, kesit alanları artar. Bu durum iletkenlerin dirençlerinin küçülmesine sebep olur.  $Y_1$  ve  $Y_2$  tarafındaki ızgaralar bu durumdan etkilenmezler. Kolona gömülü olan ızgaraların görevi sıcaklık değişimlerinin meydana getireceği hataları karşılamaktır (kompanse etmek). Kolona çekme kuvveti uygulandığında, ölçme ızgara telleri uzayarak kesitleri daralır ve dirençleri artar.

Köprü devresindeki herhangi bir dengesizlik direnç değişimleri ile meydana gelir ve uygulanan F yükü ile doğrudan orantılıdır. Köprü devresinden yükü lineer olarak değişen çıkış sinyalleri elde edilir.

Gerilme göstergesi yük hücreleri sıkıştırma, çekme veya her iki tip yüklemenin birlikte bulunduğu universal yüklemeler için imal edilmektedir. Universal yük hücrelerinde sıkıştırma yüklemeleri için kullanılan başlıklar, çekme kuvveti uygulandığında uçlara dişli olarak bağlanan fittinglerle yer değiştirir. Çift köprülü gerilme

göstergeleri de imal edilmekte olup bunların çıkışları iki ayrı okuma cihazına verilmektedir.

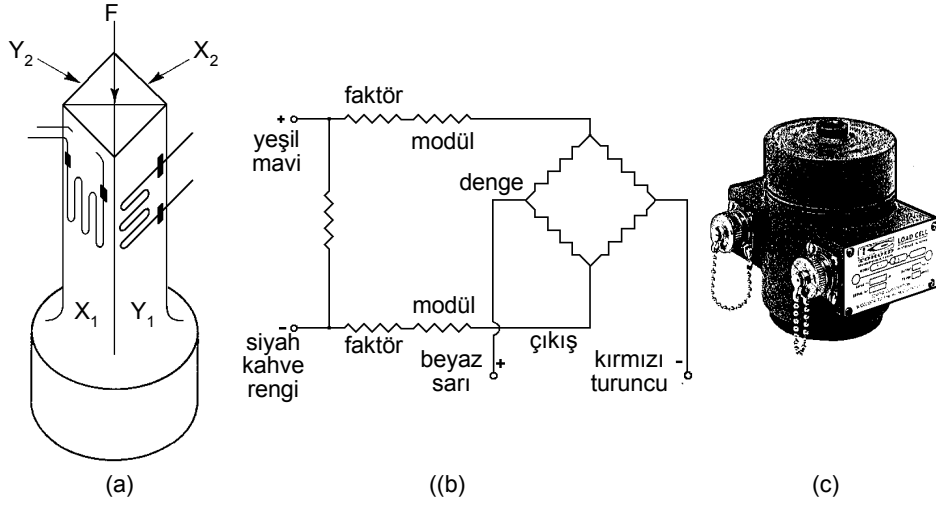
Gerilme göstergelerinin çıkış sinyalleri nispeten küçüktür ve uyarı akımı ile orantılıdır; genel değerler, herbir volt uyarı için 1-3 milivoltdur. Uyarı voltajı doğru akım veya alternatif akım olabilir ve 2-25 volt arasında değişebilir. Başarılı bir tartı sistemi gerilme göstergesi uygulaması için amplifikatör ve diğer yardımcı ekipmanlar ile uyarı akımı ikmalinin dizaynı çok önemlidir.

Gerilme göstergesi hücreler açısız veya eksen dışı yüklemelerden korunmalıdır. Eksensel kuvvetler ile eğilme yükleri arasında hiçbir ayırım yapma olanağı yoktur. Eksen dışı yükler bir problem ise özel yerleştirme yöntemleri kullanılabilir. Çalışma sınırları dışındaki aşırı yüklerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır; genellikle çalışma yükünün %125 ini geçmemek gerekir. Bununla birlikte bazı özel modellerde aşırı yükler %150 den %500 e kadar arttırılabilir.

Gerilme göstergesi hücrelerin kullanılması, özellikle elektrikli çıkış sinyalleri gerektiği zaman uygundur. Ebat bakımından küçüktürler, şekil değişimleri 0.005-0.01 inç (yaklaşık 0.1-0.2 mm) arasındadır, yük değişimlerine çabuk tepki verirler, genellikle bakım gerektirmezler ve pratik olarak her tür çevre koşulunda çalışabilirler. Gerilme göstergesi hücrelerin kendileri ucuz olmalarına karşın, uzaktan okuma için gerekli teçhizat oldukça pahalı olabilir. Sıcaklık bakımından çalışma sınırları özel bir kompensasyon devresi yoksa yaklaşık 15-115 °F arasında değişir. Maksimum çalışma sınırı 275-300 °F dolayındadır.

Gerilme göstergesi yük hücreleri, sıcaklıkla sıfırın ve çalışma aralığının (span) değişmelerine karşı, sıcaklık düzenleyicili olarak imal edilebilirler. Bunun için gerilme tellerini, sıcaklık değişimlerine duyarlı olmayan alaşımlardan yapmak ve ölçme köprü devresinde kompensasyon dirençleri kullanmak gerekir. Yük veya ağırlığın birkaç hücre tarafından taşınması gerektiğinde, hücrelerin çıkışları elektriksiz olarak toplanarak toplam ağırlık ölçülebilir.

Gerilme gösterge (Şekil-38c) ünitesi 3000 pound (1361 kg) kapasite için yaklaşık 4.5 inç yükseklikte 2.75 inç çaptadır. 250 000 pound (yaklaşık 113.4 ton) kapasitede bir ünitenin yüksekliği 22 inç (56 cm) ve çapı 10.5 inçtir.



Şekil-38: Gerilme göstergesi hücresi; (a) iletken tel ızgara, (b) Wheatstone köprü devresi, (c) hücre.

### İndüksiyon Hücreleri

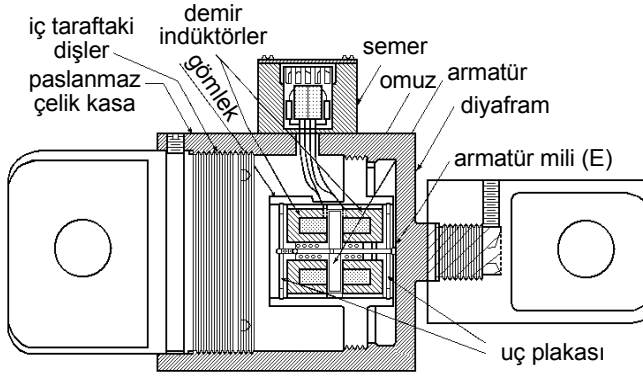
Demir indüktör ve hareket algılayıcı eleman olarak hareketli bir armatürün kullanıldığı yük hücresi Şekil-39 da görülmektedir. Hücrenin çelik kasası, ünitenin yüke dayanan elemanıdır. Hücre kubbesindeki (diyaframdaki) deformasyon miktarı, çekme ve sıkıştırma olarak uygulanan yüklerle orantılı olarak değişir.

Hücrenin algılama mekanizmasının hareketi, herbiri tek bir bobine sahip iki demir indüktör, bir armatür ve mil sistemini içerir. Armatür milinin ucu, kubbe ile E noktasında temastadır. Yük uygulandıkça kubbe yavaş yavaş deforme olur ve armatürün indüktöre göre konumu değişir. İndikatör bobini düşük voltajlı ve yüksek frekanslı elektrik girişi tarafından uyarıldığında, hücrenin çıkış voltajı doğrudan doğruya armatürün konumu ile değişir. Dara ağırlığı ile ilgili yük hesaba katıldığı zaman çıkış doğrudan uygulanan yük ile orantılıdır. Giriş voltajı 5-150 mili volt arasındadır. Tüm yükde kubbenin deformasyonu 0.003 in (0.07 mm) kadardır.

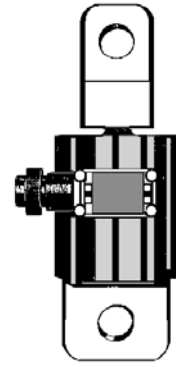
Bu hücreler sıcaklık değişikliklerinin meydana getireceği sürüklenme loyundan, elektriki algılama ünitesindeki gerilme değişimlerinin yaratacağı büzülmelerden ve nem değişimlerinden etkilenmeyecek şekilde imal edilmeğe çalışılmaktadır. Tasarımlarının tamamen emniyetli olması nedeniyle tehlikeli sahalar için uygundur.

Elektriki sinyal istenen herhangi bir standart sinyale dönüştürülerek iletim ve kontrol için kullanılabilir.

Şekil-40 da bir çekme hücresi görülmektedir; hücre, kompakt bir dizayn olup 600 pound kapasite için ebadı 1(5/8) in çap ve 1(1/2) in uzunlukta, 300 000 pound kapasite için ise 6(3/4) inç çap ve 10(3/4) inç uzunlukta olup özel bağlantı fittinglerine sahiptir.



Şekil-39: Elektronik bir indüksiyon yük hücresi.



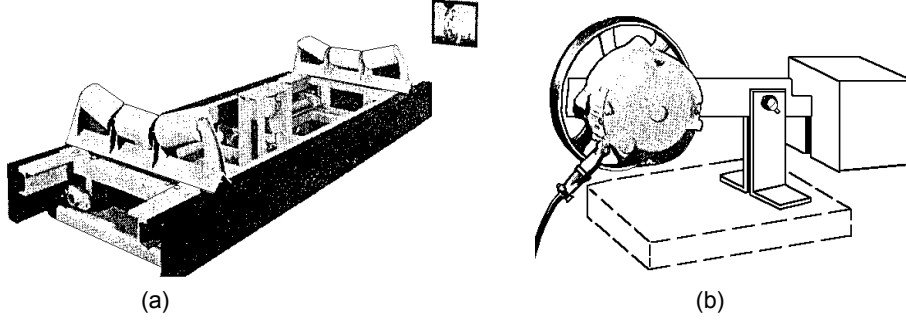
Şekil-40: Bir çekme hücresi.

## 6. Konveyör Bantları Tartı Sistemleri

Daha önce anlatılan tartı sistemleri ve cihazlar, partiler halinde üretim yapılan tesislerde hem sıvıların hem de katı malzemelerin tartılmasında kullanılırlar. Sürekli üretim tesislerinde akan bazı sıvıların ağırlıkları ise daha evvel anlatılan sistemlerle ölçülebilir. Sürekli sıvı tartı ölçmeleri genellikle havalı, hidrolik veya elektrikli yük hücreleri ile yapılabilir. Sürekli akan katıların ölçülmesinde daha değişik bir yaklaşım gerekir.

En bilinen metot konveyör bandının belli bir bölümünü tartmak ve bandın hızını ölçerek debiyi, yani birim zamanda nakledilen katı madde miktarını hesaplamaktır. Bu ana esasa göre çalışan çeşitli konstrüksiyonlar vardır. Bunların bazıları ileriki paragraflarda tanıtılacaktır. Burada anlatılan sistemler gravimetrik besleyiciler olarak tanımlanır.

Genellikle katılar için sürekli tartıma, birim zamandaki ağırlığın bilinmesinden çok, konveyör sisteminin kontrolü için gerek duyulur. Karıştırma işlemleri gibi, kütle veya ağırlığın asıl konu olduğu durumlar dışında, genelde uygulamalar debi kontrol sistemi ile yakından ilgilidir.



Şekil-41: (a) Bant besleyici bir yük hücresi, (b) bir bant hızı transmitteri.

En basit şekliyle, sürekli bir bant besleyicide (feeder) bir yük bölümünü tartmak için Şekil-41a dakine benzer bir yük hücresi kullanılır. Bandın ve içerdiği malzemenin ağırlığı bir yük hücresine iletilir. Bant sabit bir hızla hareket ediyorsa, kantarın üzerinden geçen toplam ağırlık, kolayca entegrasyon yolu ile tartılır.

Bant hızı değişken ise veya daha hassas bir ölçme gerekiyorsa, bant hızı transmitteri kullanılabilir; toplam ağırlık iki sinyalin çarpılması ile elde edilir.

Bir bant hızı transmitteri Şekil-41b de görülmektedir; bu cihaz, genellikle bantla temas eden bir makara ile bandın altına yerleştirilir.

### Kontrol Metotları

Bant besleyiciler kullanıldığı zaman toplam ağırlığı belirlemek veya debi kontrolünü sağlamak için üç ana yöntem uygulanır:

- (a) bant hızını değiştirmek,
- (b) bant yükünü değiştirmek,
- (c) yük ve bant hızının her ikisini de değiştirmek.

Şekil-42 de havalı bir ağırlık besleme sisteminin diyagramı görülmektedir. Sistemde, ana ağırlık besleyici, tümleyici (integratör) kontrol cihazı, oran rölesi, yerel elle ayarlayıcı ve kontrol sistemleri için yerel toplayıcı (totalizer) bulunur. Bazı yardımcı cihazlar da şekilde gösterilmiştir. Sisteme daha bir çok aksesuar eklenebilir.

Ana tartı ünitesi basit olarak kuru malzemenin kütle debisini belirleyen birinci algılayıcı eleman olarak kullanılabilir. Sistem, konveyör bandı üzerine bir kapı yoluyla yapılan besleme miktarını kontrol ederek, yüksek duyarlılıkta bir kontrol sistemi olarak çalışabilir.

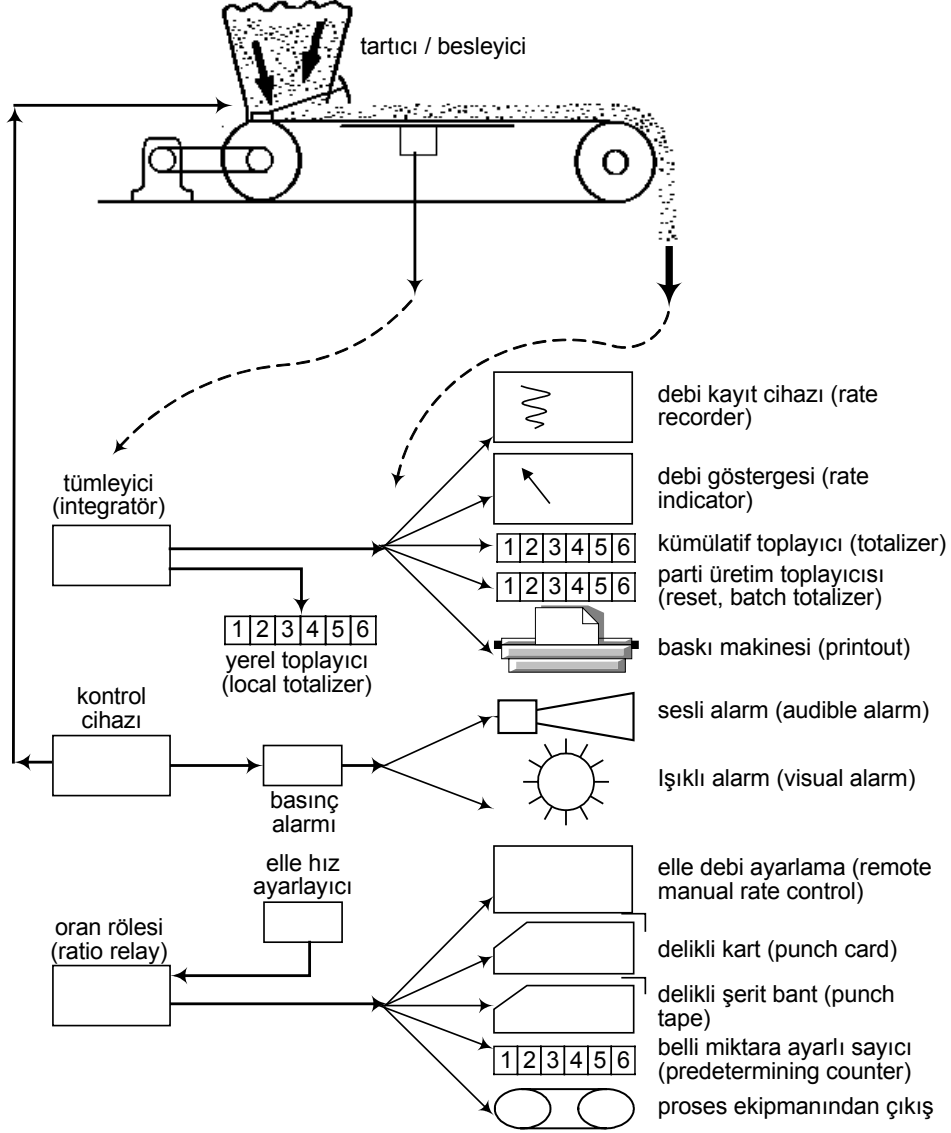
Çalışma sırasında malzeme, bir besleyiciyle konveyör bandına sürekli beslenir. Bant, çıkış noktası yakınında mafsallı bir ağırlık algılayıcısına sahiptir. Mafsallı mekanizmayla, bandın tartı bölümündeki yük, bir yük hücresi tarafından sürekli olarak algılanır. Yük hücresinin çıkış sinyali bant yükü ile doğru orantılıdır. Bu, havalı sinyal gösterge, kayıt veya toplama cihazı gibi yardımcı enstrümanların girişi olabildiği gibi, bir kontrol cihazının girişi de olabilir.

Üniteye beslenen malzemenin doğru bir şekilde hesaplanması için bir tümleyici (integratör) kullanılır. Tümleyici toplam ağırlık miktarını elde etmek için yük hücresi tarafından algılanan gerçek bant yükü ile bant gezi miktarını çarpar.

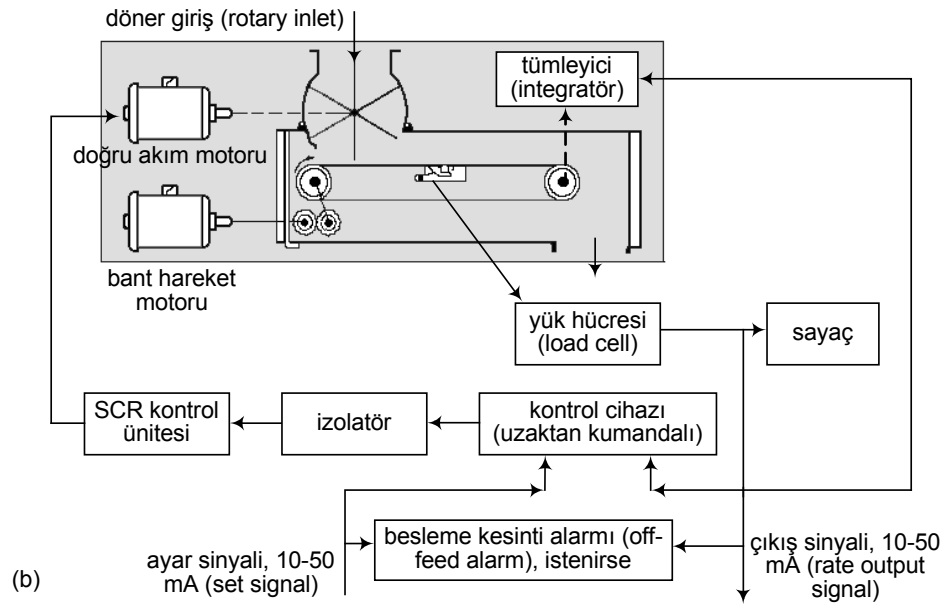
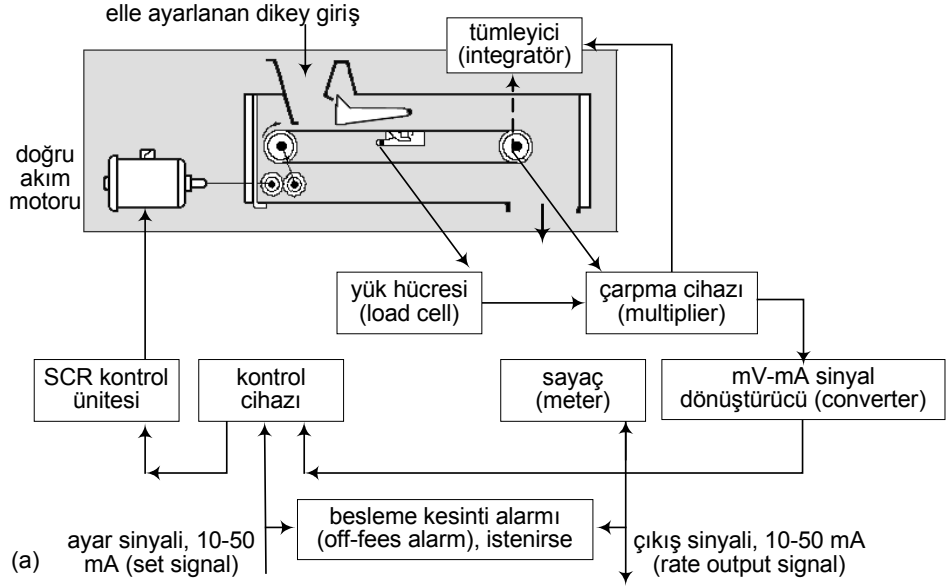
Şekil-42 de görülen sistem havalıdır; çıkış sinyali, dönüştürme cihazları kullanılarak kolaylıkla standart elektrikli sinyallere çevrilebilir.

Şekil-43a da düzgün bir malzeme akışı sağlamak için bant hızını kontrol eden bir sistem görülmektedir. Mafsallı olarak monte edilmiş ağırlık donanımı bantın kısa bir bölümüne dayanır. Malzeme doğrudan bu bölümün üzerindedir. Hücreye gelen yük bir mekanizma sistemi ile iletilir. Bant hızı, bant ile bağlantılı makaradan hareket alan takometreden elde edilir. Bu iki sinyalin çarpımını yapan cihazın çıkış sinyali, doğrudan ağırlık debisi ile veya besleme debisi ile orantılıdır. Besleme debisi sinyali kontrol cihazında ayar değeri ile karşılaştırılır. Herhangi bir fark varsa kontrol cihazının çıkışı değişerek, SCR kontrol ünitesinin bant hızını istenen besleme debisi elde edilinceye kadar değiştirmesini sağlar.

Hem bant hızının ve hem de yükün değişken olduğu sistemler dizayn edilebilir. Bant hızında ani değişiklikler yaparak ve geleneksel bant yükü kontrol sistemlerinden birini kullanarak otomatik kontrolü sağlamak mümkündür.



Şekil-42: Havalı bir ağırlık besleme sisteminin şematik görünümü.



Şekil-43: (a) Bant hızı kontrol sistemi, ve (b) besleyici hızını değiştiren sistemin, şematik görünüşleri.



## Bant Hızı ve Bant Yüğü Kontrolü

Bant konveyör ağırlık sistemlerinde bant yükünü kontrol etmenin en önemli avantajı, hız kontrolünden ve hızla birlikte yükün kontrol edildiğı kombine sistemlerden daha basit ve daha ucuz olmasıdır. Değişken hız sistemleri karmaşık ve pahalı olmalarının dışında bazı sakıncalara da sahiptir. Örneğın, besleme hızı anında hesaplanmalıdır; ancak bu işlem kolayca yapılabilir.

Bant yük kontrolünün en önemli sakıncası, yük kontrol kapısı ile ağırlığın ölçüldüğü nokta arasında iletilen miktarın büyüklüğüdür. Ağırlık bölümü ile kapı arasındaki mesafe, besleyicinin konfigürasyonuna bağılı olarak birkaç inçten birkaç feete kadar değişebilir. Miktarlarının hassas olarak kontrol edildiğı bazı karıştırma sistemlerinde bu uzunluğun meydana getireceğı hata çok önemli olabilir.

Bant yükünü kontrol etmek için dört farklı yöntem kullanılır: (a) düşey kapı, (b) döner kanatlı besleyici, (c) vidalı besleyici, (d) titreşimli besleyici.

Düşey kapı besleyici Şekil-44a da şematik olarak gösterilmiştir; konveyör bandına yükleme yapılan bölümdeki açıklığı basit bir şekilde değiştirerek malzeme besleme hızını kontrol eder. Bant yükleme yöntemlerinden en çok uygulananıdır. Bir sakıncası, büyük ve düzgün olmayan parçalar varsa kontrolün güçlülüğüdür. Büyük parçalar kısıtlı aralıklardan serbestçe akamazlar. Eğer parça boyutları büyük ve önemli oranda değişken ise, ekipman imalatçalarına danışılmalıdır. Düşey kapı besleyici, kontrol edilen malzeme yapışkan ise veya bir takım topraklar meydana getiriyorsa sorunludur.

Şekil-43b de besleme bölümümde döner kanatlı besleyicinin hızının değiştirildiğı bir sistem görülmektedir. Döner kanatlar, toz halindeki kolayca akan malzemelerde kullanılır. Bu teçhizat düşey kapı ile kolayca kontrol edilemeyen düşük yoğunluklu ve hava ile karışmış malzemeler için de uygundur.

Değişken hızlı vidalı besleyiciler de yine düşük yoğunlukta veya hava ile karışmış malzemeler için uygundur. Bunlar aynı zamanda elyafı, yapışkan ve topraklar meydana getiren malzemeler için kullanılır; bu tip malzemeler düşey kapılarda ve döner kanatlı besleyicilerde kolayca kontrol edilemezler. Vidalı bölümün dizaynı malzemeye uygun olarak siparişe göre kolayca yapılır.

Titreşimli besleyiciler birçok malzemede başarı ile kullanılmaktadır. Başka metotlarla kolayca kontrol edilmeyen akışları kontrol edebilirler. Besleme hızı vibratörün titreşim genliği ile ayarlanır. Vibratör gücü voltaj ikmalini yapan reosta ile ayarlanır. Besleme hızının elle kontrolü besleme silosunun açıklığını ayarlayarak yapılır.

## **Boyutlar**

Gravimetrik besleyiciler ile malzeme taşınmasında miktarlar ve boyutlar önemli değişiklikler gösterir. Malzeme akışı öncelikle bant genişliği ve hızı ile yönetilir. Bir dereceye kadar bu yük derinliğine de bağlıdır. Fakat bu faktör malzemenin kendi özelliğine dayanır. Tipik bant genişliği 12-36 inç (30-90 cm) arasındadır. Çok daha geniş (54 inç) ve çok daha dar konveyör bantları da kullanılmaktadır.

Bant hızı da çok değişkendir; dakikada hızı 0.3-180 feet (9 cm-55 cm) arasında değişebilen bir model, miktar ayarı yönünden büyük bir esnekliğe sahiptir.

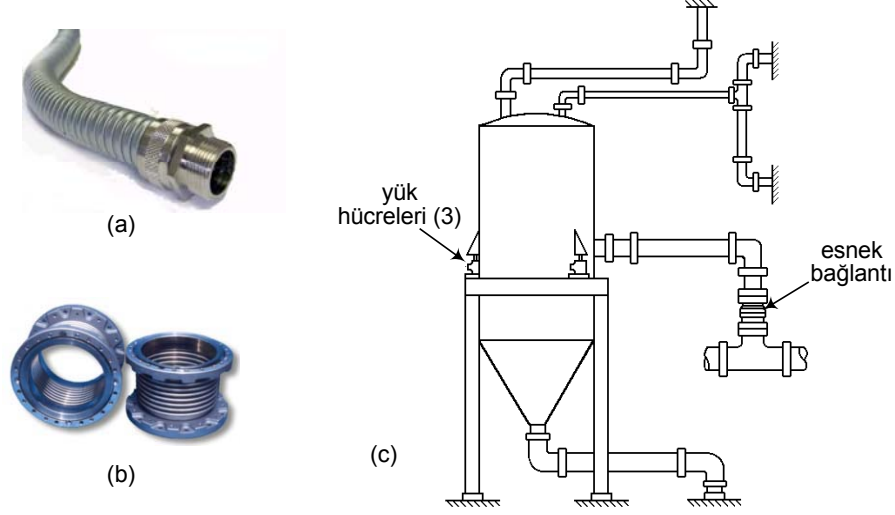
## **7. Yük Hücreleri İçin Uygulama Faktörleri**

Proses kontrol sistemlerinde çalışanlar genellikle ağırlık kontrol sistemleriyle, diğer ana kontrol sistemlerine göre daha az karşılaşılır. Ağırlık problemlerine yük hücreleri uygulandığında göz önüne alınması gereken bazı önemli faktörler aşağıda verilmiştir.

### **Tank Bağlantıları**

Tartı sistemlerinin performanslarını etkileyen en önemli faktör ölçü tankının, proses sisteminin diğer aksamlarına olan bağlantılarıdır. Malzemenin gelişi ve çıkışı için normal borular kullanılır. Genellikle iki veya daha fazla bağlantı bulunur.

Bağlantı problemini en aza indirmek için iki çözüm vardır: (a) kauçuk ve metal hortum (Şekil-44a) veya körük parçası (Şekil-44b) gibi esnek bir bağlantı kullanmak, (b) bağlantı parçalarının taşıma kapasitelerini en aza indirecek yatay bağlantılar (dikey yerine) kullanmak (Şekil-44c).



*Şekil-44: Tank bağlantıları; (a) esnek metalik bağlantı hortumu, (b) körük tip genişleme parçaları, (c) yatay bağlantı boruları ve dikey esnek bağlantılar kullanılan tipik bir tartı tankı bağlantı şeması.*

Elektrikli gerilme göstergeleri kullanıldığı zaman eksen dışı yüklemelerden özellikle kaçınılmalıdır. Böyle yüklemelerde müsaade edilen maksimum yay çalışma aralığının bilinmesi gerekir.

Tartı tankına bağlantı hatlarının dizaynı yapılırken, boru destekleri de dikkate alınmalıdır; destek yerleri yayın çalışmasını etkileyebilir. Ortam sıcaklığı ve boru içindeki akışkanın sıcaklığındaki değişmeler meydana getireceği genişleme ve büzölmeler, tankı etkileyen kuvvetleri değiştirebilir. Böyle bir sistemin baştan aşağı denetlenmesi gerekeceği açıktır. Genellikle sistemde sınırlama (dara ağırlığı için) çalışma şartları altında yapılmalıdır.

#### **Dara / Net Ağırlık Oranı**

Dara/net ağırlık oranının küçük olması tercih edilir; bu oranın 1 den az olması uygundur. Büyük oranlar (10/1 ve daha fazla) da kullanılabilir; fakat ölçme doğruluğundan fedakarlık yapılır. Kullanıcının bu sahada deneyimi yoksa yüksek oranlar için imalatçıya danışılmalıdır.

### Yüksek Darbeli Yükleme

Yüksek darbeli yüklemelere, diğer tiplere göre hidrolik yük hücreleri daha uygundur. Aynı şey titreşimli sistemler için de geçerlidir.

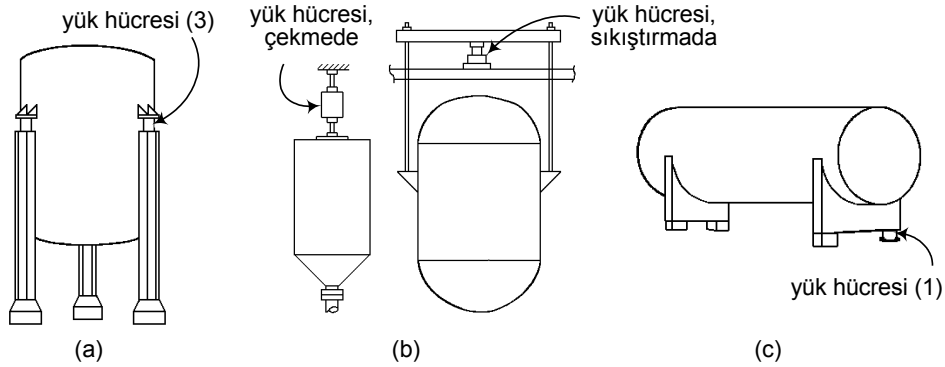
### Ortam Sıcaklığındaki Değişmeler

Sıcaklık değişimlerinin etkisine tank bağlantıları bölümünde değinilmişti. Aşırı bir sıcaklık değişikliği, yüksek doğruluk isteyen sistemlerde hidrolik sıvıyı ve elektrikli aksamı etkiler.

### Gerekli Hücre Sayısı

Gerekli hücre sayısının seçimi birçok faktöre bağlıdır: (a) yük büyüklüğü, (b) içerideki malzeme, (c) tank konfigürasyonu, (d) yeri, (e) rüzgar yükü, (f) mevcut yapı destekleri, (g) çalkalanma, (h) sertlik. En iyi yük dağılımı için genellikle üç hücre oriyantasyonu (Şekil-45a) tercih edilir. Dört hücreli sistem uygulamasında sert yapılarda bir hücre boşa kalabileceğinden gerekli dikkat gösterilmelidir.

Küçük yüklerde çoğu zaman tek hücreli uygulama (Şekil-45b) yeterlidir. İki, üç ve dört destekli sistemlerde ekonomik bir ölçme yapmak için tek bir hücre kullanılabilir (Şekil-45c), fakat gösterge ağırlığı destek sayısı göz önüne alınarak kalibre edilmelidir. Bu düzenleme desteklere eşit yük gelecek şekilde bir dizayn mümkün olduğu zaman kullanılır. Kullanılan yük hücresi tipine dayanan faktörler, ekonomik faktörler, destek yapıları veya temeller, tankın yerden yüksekliği göz önüne alınması gereken diğer faktörlerdir.



Şekil-45: (a) Üç hücreli, (b) tek hücreli, (c) çok destekli sistemlerde tek hücreli, yükleme düzenler.