



4. Bölüm

Açısal ölçümler

Giriş

- ▶ Atölyeler ve takım odalarında hassas açı ölçümü, önemli gereksinimlerden biridir. Değiştirilebilir parçaların, dişlilerin, tertibatların, fikstürlerin vs. açılarını ölçmemiz gerekir.
- ▶ Tipik ölçümlerin bir kısmı, konik delikler, ve bir dişli profilinin açısı ve yan kenar açısı dahil, referans yüzeyine göre bir jigin oturma yüzeyi tarafından yapılan açı, bir koldaki konik açısı vb.
- ▶ Bazen bir açı ölçümünün temel amacı açığı ölçmek değildir. Bu oldukça garip gelebilir, ancak makine parçalarının hizalanmasının değerlendirilmesinde söz konusudur. Makine parçalarının düzlüğünün, paralelliğinin ve düzgünlüğünün ölçülmesi, oto-kolimatörler gibi oldukça hassas aletler gerektirir. Böyle bir aletten okunan açı, hizalama hatasının bir ölçüsüdür.

İLETKİ

- ▶ Basit bir İletki açıları ölçmek için temel bir cihazdır. En iyi ihtimalle, daha küçük iletke için en az bir derece, büyük iletke için yarım derece sağlayabilir.
- ▶ Ancak, basit olmasına rağmen, kullanıcı açıları doğru bir şekilde ölçmek için temel kullanım ilkelerini izlemelidir. Örneğin, aletin yüzeyi ölçülen nesnenin yüzeyine paralel olmalıdır ve iletkenin referans çizgisi ölçülen açının referans çizgisine tam olarak uymalıdır.
- ▶ Çelik bir cetvel gibi, basit iletke mühendislik metrolojisinde sınırlı bir kullanıma sahiptir. Ancak, bir ana ölçek, bir Vernier ölçeği ve dönebilen bir bıçak gibi tutabilen birkaç ekleme ve basit bir mekanizma, bunu çok yönlü hale getirebilir. Evrensel bir açıölçer, (universal bevel protractor) açısal ölçümlerin kolayca okunmasını ve tutulmasını sağlayan bir mekanizmaya sahip olan böyle bir alettir.

Evrensel Eğimli Açıölçer

- 5 dakika hassasiyetli üniversal eğimli açıölçer genellikle tüm alet odalarında ve metroloji laboratuvarlarında bulunur.
- Yüzeyi yüksek derecede düzgünlük ve yüzey kalitesi olan bir taban plakasına veya stoğuna sahiptir. Stok, açısı ölçülecek iş parçası üzerine yerleştirilir.

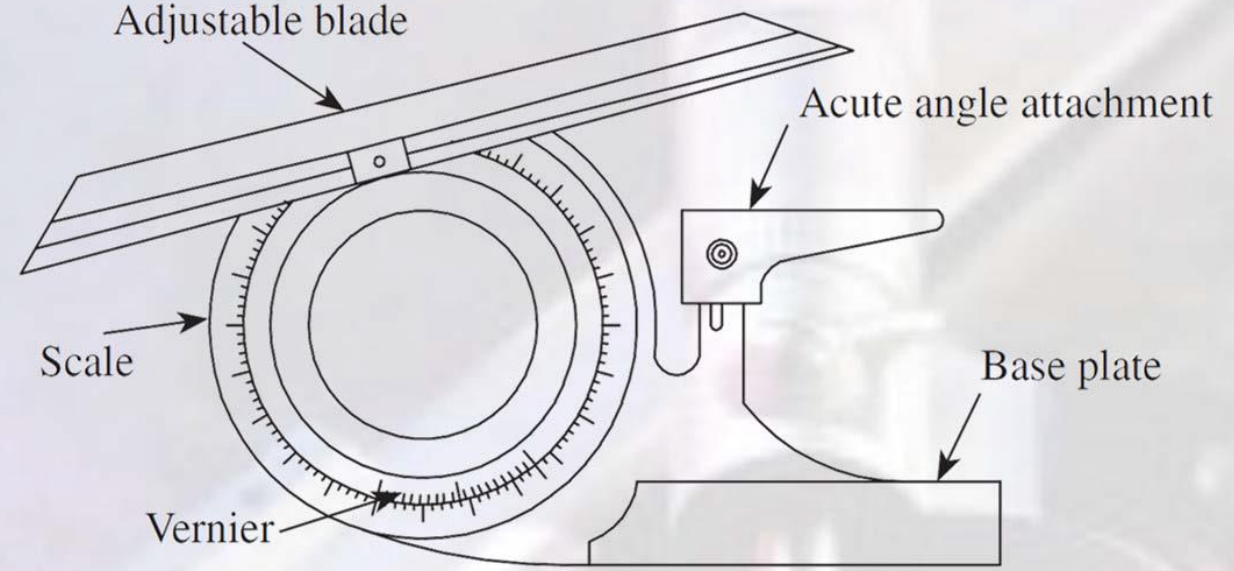
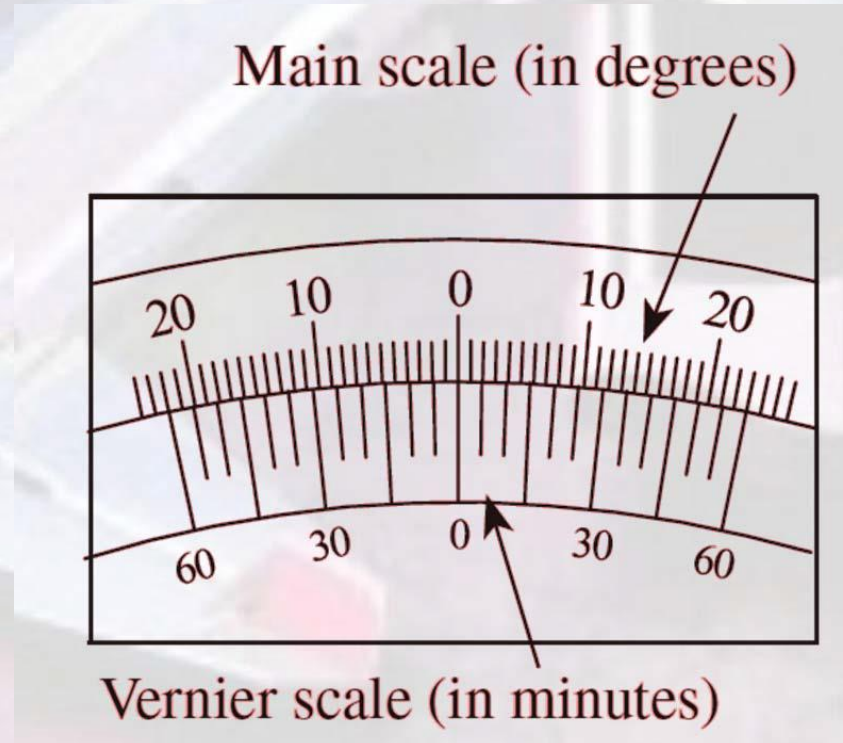


Fig. 5.1 Universal bevel protractor

- Dairesel bir kadrana bağlı ayarlanabilir bir bıçak açısız yüzeyle çakıştırılır. Bıçak, kadran üzerine işlenmiş dairesel skalanın (gonyometre) doğru okunmasını kolaylaştırmak için istenen açıda döndürülebilir ve yerine kilitlenebilir.

Evrensel Eğimli Açıölçer

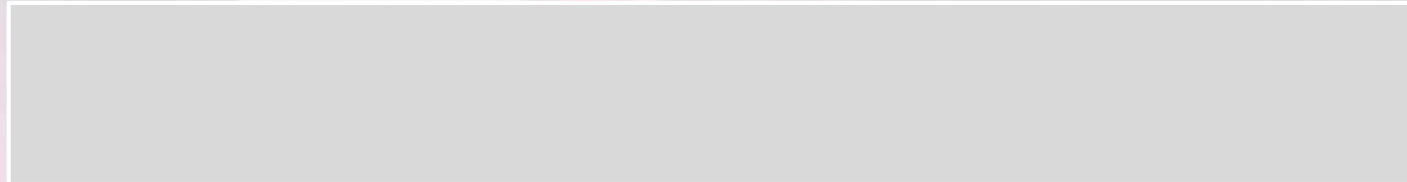
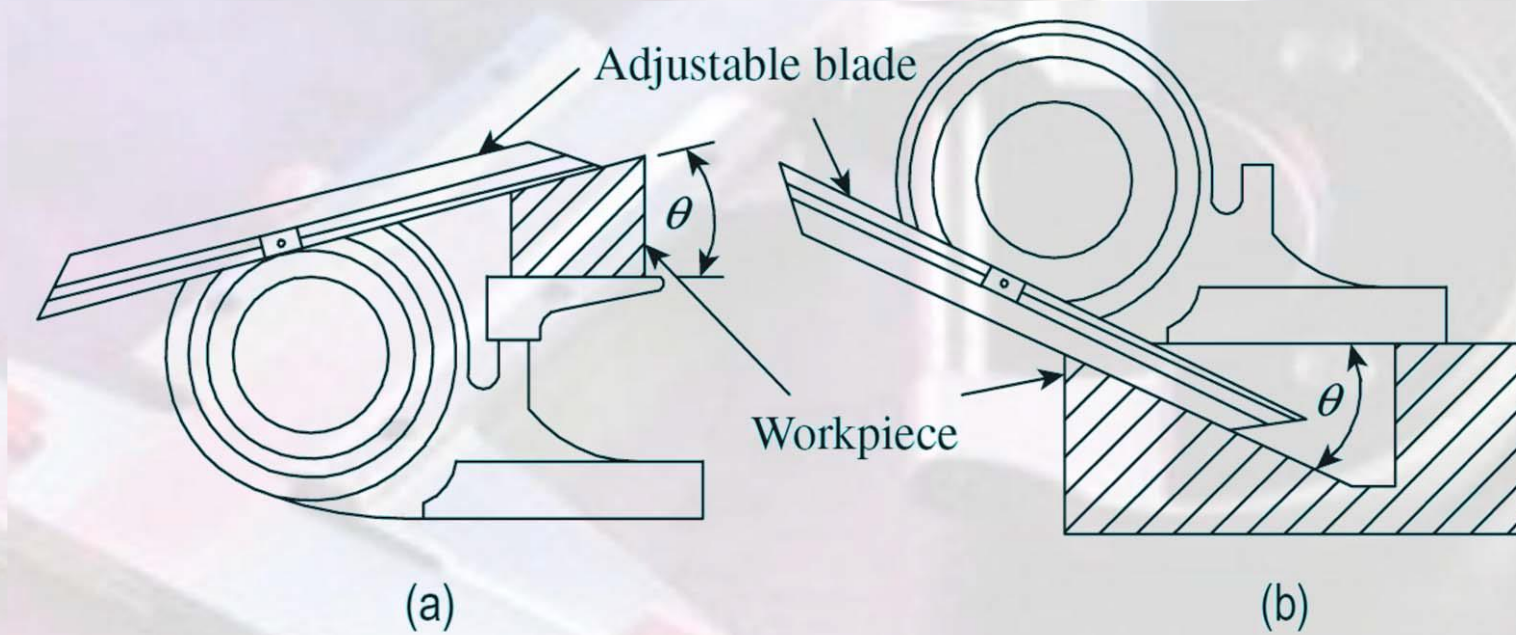
- Kadran üzerindeki ana skala, her biri 90 derecelik dört kısma bölünmüştür. Bu skalada her iki çizgi arası bir derece okunur. Dereceler, 0'lık bölümün her iki tarafında 0'dan 90'a kadar numaralandırılmıştır.
- Verniye skalasında, ana skalada 46 aralığa karşılık gelen 24 bölüntü çizgisi vardır. Bununla birlikte, verniye skalasındaki , aşağıda görüldüğü gibi, çizgiler 0'inci çizginin her iki tarafında 0 ila 60 arasında numaralandırılmıştır.



Evrensel Eğimli Açıölçer Kullanarak Açıların Ölçümü

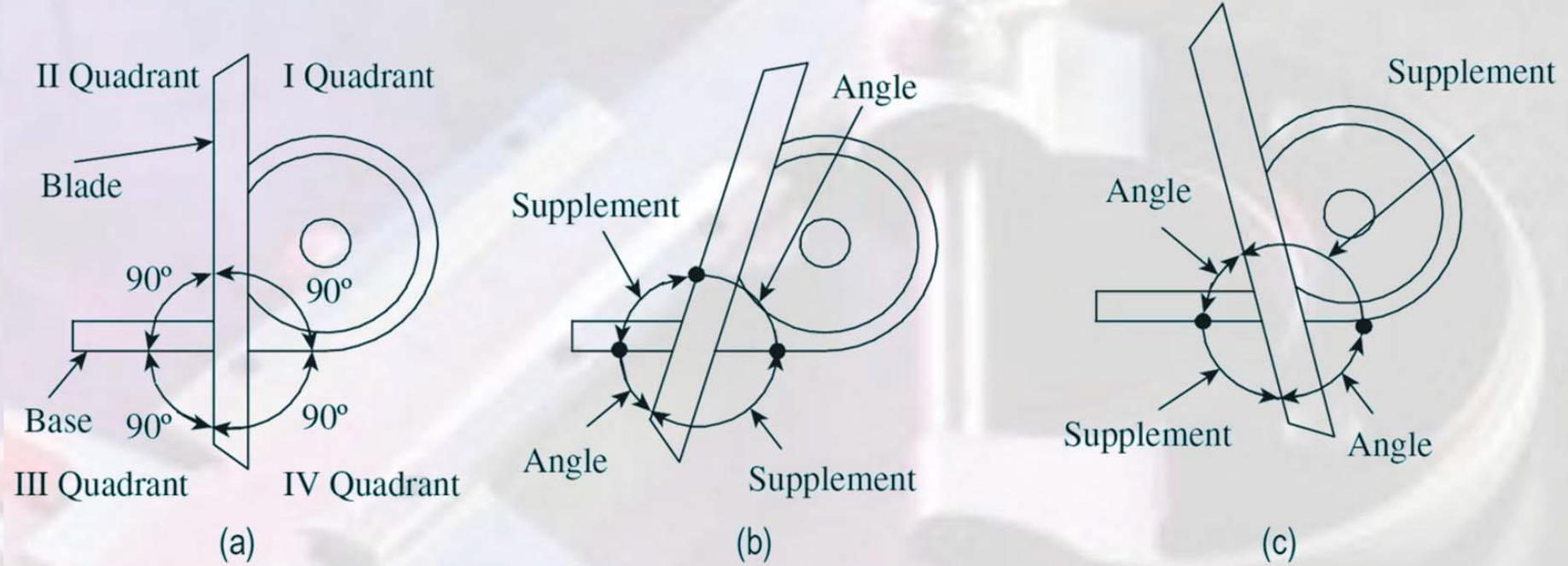
Aşağıdaki şekilde, Evrensel eğimli açıölçer kullanılarak açıların nasıl ölçülebileceği gösterilmektedir.

(a) da, bir dar açı ölçümü gösterilirken, (b) de, eğimli bir yüzün açısının nasıl ölçülebileceği gösterilmektedir.



Açılar ve Tümlenmeleri

- Üniversal eğimli açıölçer hem dar hem de geniş açıları ölçebildiğinden, skala üzerinde belirtilen açı ile tümlenmesi arasındaki farkı açıkça ayırt etmeye özen gösterilmelidir. Kadran göstergesi, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi dört çeyrek daire halinde 0° ila 90° arasında derecelendirilmiştir.



- (a)da, açıölçer 90° 'e ayarlandığında bıçağın tabana göre durumu gösterilmiştir. Verniye skalası üzerindeki $0'$ çizgisi, ana kadran skalasında 90° çizgisiyle çakışıktır.

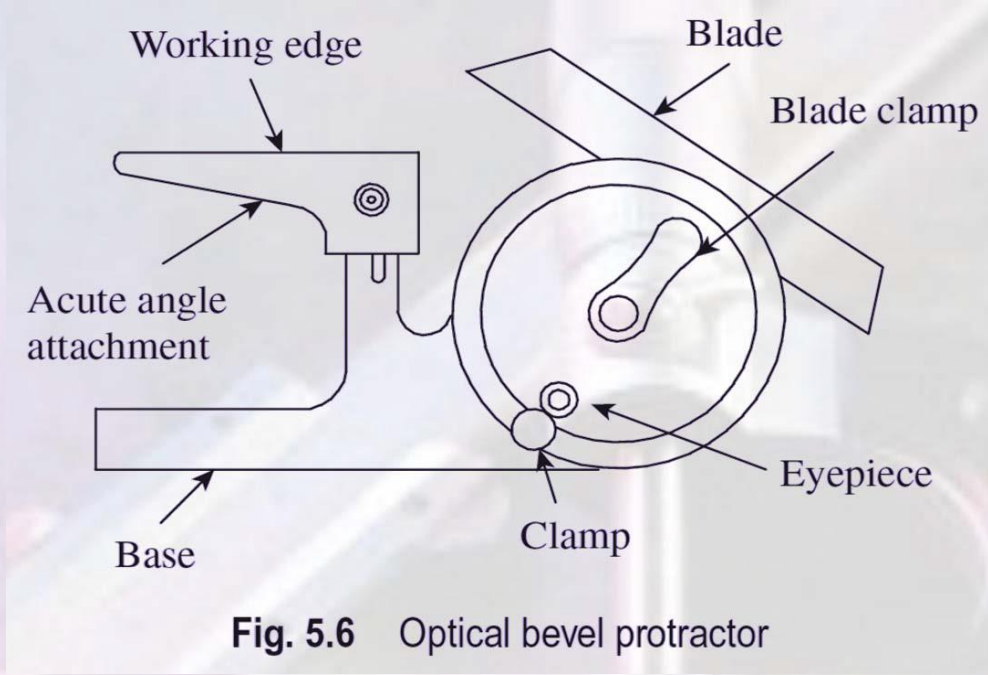
Açılar ve Tümleyicileri

- ▶ Bıçağın (b) durumunda olduğu gibi saat yönünde döndürüldüğünü varsayalım, doğrudan okunan açılar bıçaktan tabana saat yönünün tersine oluşturulanlardır.
- ▶ Bu nedenle, bir iş parçasının açıları kadran I veya III'te ölçülüyorsa, açılar doğrudan ölçekten okunabilir. Öte yandan, bir iş parçasının açıları II veya IV kadranda ölçülürse, gerçek açılar takviyelerle verilir.
- ▶ Ayrıca, (c) durumu, bıçağın saat yönünün tersine - döndürüldüğü bir durumu gösterir. Burada ayrıca açılar doğrudan iki şekilde okunabilir
- ▶ yalnızca ikinci ve dördüncü olmak üzere iki kadranda okunabilir. Bu açılar, bıçaktan tabana doğru saat yönünde oluşturulur ve akut açıları ölçer. I ve III kadrانlarındaki takviyeler, bu kadrانlarda tutulan iş parçalarının geniş açılarını verir.

Açılar ve Tümleyicileri

- ▶ Bıçağın (b) durumunda olduğu gibi saat yönünde döndürüldüğünü varsayalım, doğrudan okunan açılar bıçaktan tabana saat yönünün tersine oluşturulanlardır. Bu nedenle, bir iş parçasının açıları kadran I veya III'te ölçülüyorsa, açılar doğrudan ölçekten okunabilir. Öte yandan, bir iş parçasının açıları II veya IV kadranda ölçülürse, gerçek açılar tümleyenlerle verilir.
- ▶ Ayrıca, (c) durumu, bıçağın saat yönünün tersine - döndürüldüğü bir durumu gösterir. Burada ayrıca açılar doğrudan, yalnızca ikinci ve dördüncü olmak üzere iki kadranda okunabilir. Bu açılar, bıçaktan tabana doğru saat yönünde oluşturulur ve dar açıları ölçer. I ve III kadrانlarındaki tümleyenler, bu kadrانlarda tutulan iş parçalarının geniş açılarını verir.

Optik Eğimli Açölçer



- Optik eğimli Açölçer, üniversal eğimli açölçere yapıla basit bir ilaveye sahiptir. O da açölçerin skalarının kolay okunmasını sağlamak için bir oküler şeklinde bir lensdir.
- Bıçak, bir bıçaktutucu vasıtasıyla kadrana kenetlenir. Bu, ölçülen iş parçasına bağlı olarak farklı uzunluklarda takma bıçakların kullanılmasını sağlar.
- Verniyesiz açölçerlerde , kadrana skalasının okuması doğrudan göz parçasından yapılabilir.
- Verniyeli açölçerlerde, oküler, sabit ana kadrana skalası üzerinde tek bir ünite olarak hareket eden verniye skalasının tam üstüne gelecek şekilde takılmıştır. Oküler, kullanıcının rahatlığı için okumaların büyütülmüş bir görünümünü sağlar.

Sine Bar-Sinüs Çubuğu

- Sinüs çubuğu, sinüs prensibinden yararlanarak açıları ölçmek için kullanılır. Düzgün üst yüzeyi, her ucuna yakın bir silindirde sonlanan bir çelik çubuk tarafından oluşturulan bir üçgenin hipotenüsünü oluşturur. Roller adı verilen silindirlere biri düz bir yüzeye oturduğunda, çubuk sadece ikinci silindiri kaldırarak istenen herhangi bir açıda ayarlanabilir.
- İki silindir arasındaki yükseklik farkı, silindirlerin merkezleri arasındaki mesafe ile çarpılan açının sinüsüne eşit olduğunda gerekli açı elde edilir.

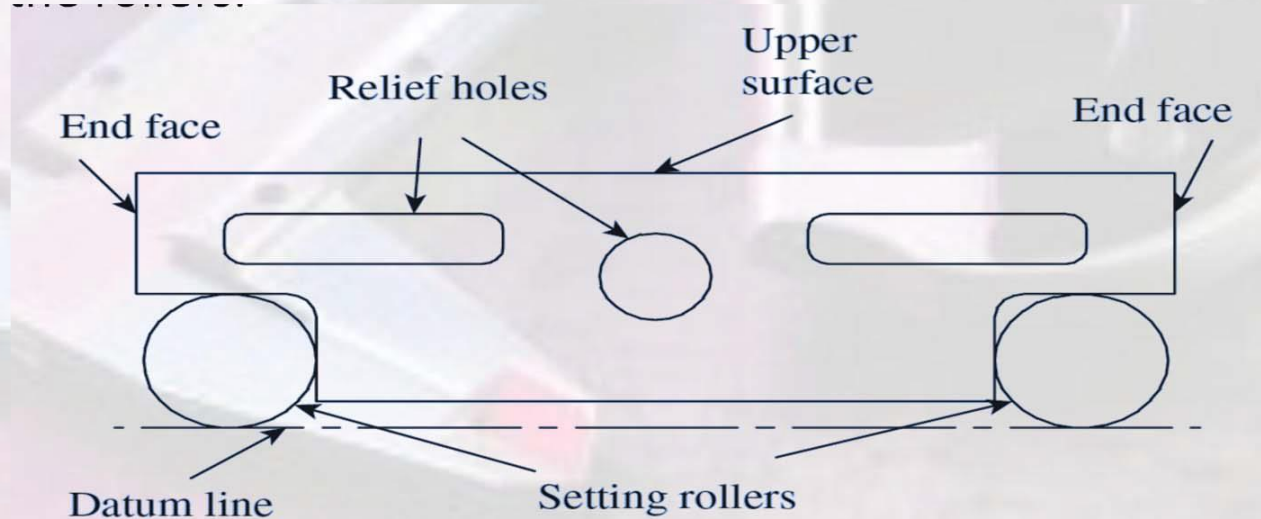
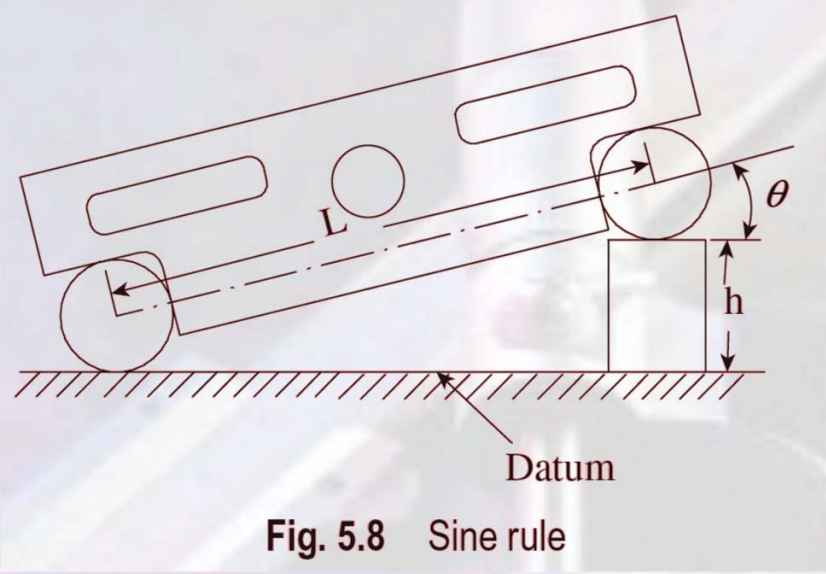


Fig. 5.7 Sine bar

Sine Bar-Sinüs Çubuğu



- Sinüs çubuklar korozyona dayanıklı çelikten yapılmış, sertleştirilmiş, taşlanmış ve stabilize edilmiştir. Boyutları, 100mm, 200mm veya 300mm uzunlukta olan silindirler arasındaki mesafe ile belirlenir.
- Üst yüzey, 100 mm uzunluk için 0.001 mm'ye kadar yüksek düzlemsellik derecesine sahiptir ve iki silindirin merkezlerini birleştiren eksene mükemmel bir şekilde paraleldir.
- Sinüs bar tek başına tam bir ölçüm cihazı değildir.
- Ölçüm işlemini gerçekleştirmek için bir yüzey plakası, kayar mastarlar blok mastar vb. aksesuarlara ihtiyaç vardır.
- Sinüs çubuğunun üst yüzeyi ile yüzey plakası (datum) arasında oluşan “ θ ” açısının sinüsü aşağıdaki şekilde verilir:

$$\sin (\theta) = h / L$$

Sinüs Çubuğunu Kullanarak Bilinmeyen Açıları Ölçme

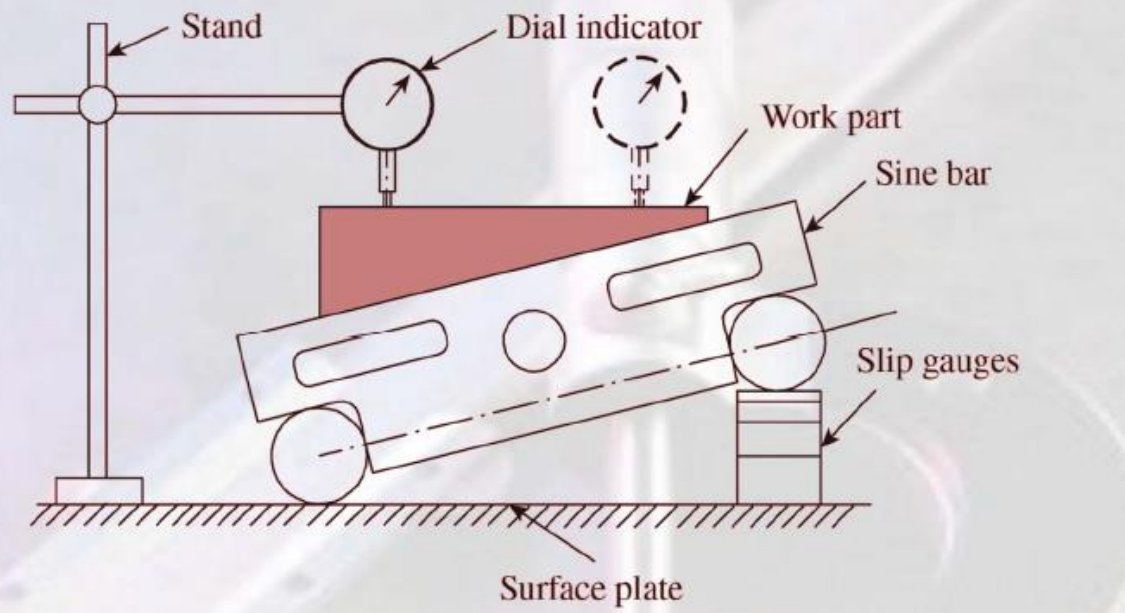


Fig. 5.10 Measurement of unknown angles

- Sinüs çubuğu, bilinmeyen açılarının yüksek hassasiyetle ölçülmesinde de kullanılabilir.
- İş parçasının açısı ilk önce üniversal eğimli açıölçer gibi bir alet kullanılarak ölçülür. Ardından, iş parçası sinüs çubuğuna tesbit edilir ve gösterildiği gibi blok mastarlar kullanarak parça üst yüzeyi bir yüzey plakasına paralel olana kadar ayarlanır.
- Bir ayağa sabitlenmiş bir komparatör saatinin ucu iş parçasının üst yüzeyi ile bir uca temas ettirilir ve sıfıra ayarlanır. Şimdi komparatör saati, iş parçasının diğer ucuna düz bir çizgide taşınır.
- Komparatör saatinin sıfır değeri, iş parçası yüzeyinin tamamen yatay olduğunu ve ayarlanan açının doğru olduğunu gösterir.

Sinüs Blokları, Sinüs Plakaları ve Sinüs Tabloları

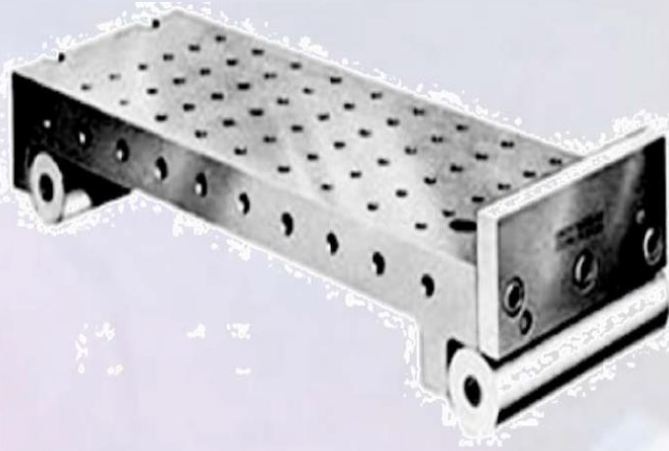


Fig. 5.11 Sine block

- Sinüs bloğu geniş bir sinüs çubuğudur. Desteksiz durabilecek kadar yeterince geniştir.
- Sinüs bloğuna bağlı bir taban üzerinde durursa sinüs plakası haline gelir. Sinüs plakası sinüs bloğundan daha geniştir. Ağır işlerde çalışan bir sinüs plakası, iş parçalarını sabit tutmak ve açıların muayenesi için yeterince dayanıklıdır.
- Bir sinüs plakası, bir tezgah gibi başka bir cihazın ayrılmaz bir parçası ise, sinüs tablası olarak adlandırılır.

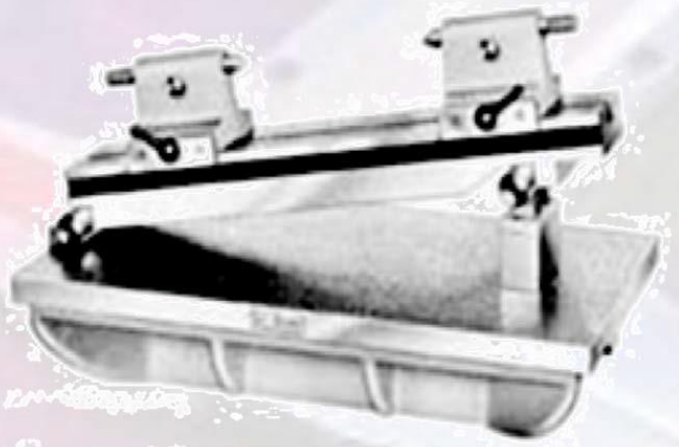


Fig. 5.12 Sine plate

Sinüs Merkezi

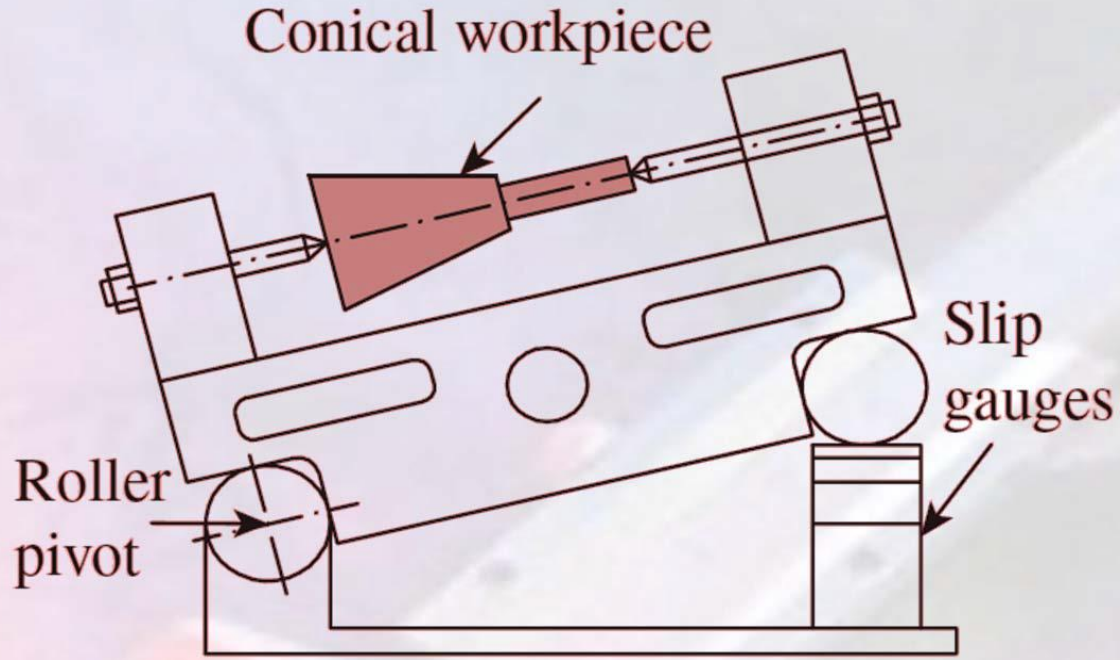


Fig. 5.13 Sine centre

- Sinüs merkezi, şekilde gösterildiği gibi iki punta merkezi arasında tutulan konik iş parçalarının açılarını ölçmek için uygun araçlar sağlar.
- Makaralardan biri eksenini etrafında yataklanır, böylece diğer makarayı kaldırarak sinüs çubuğunun bir açıyla ayarlanmasına izin verilir.
- Sinüs merkezinin tabanı yüksek düzlük derecesine sahiptir ve sinüs çubuğunu gereken açıya ayarlamak için blok mastarlar üst üste yapıştırılmak suretiyle taban üzerine yerleştirilir.

Açı Mastarları

- Yüksek derecede aşınmaya dayanıklı çelikten yapılmış açı mastarları, blok mastarlara benzer şekilde çalışır. Blok Mastarlar doğrusal boyutlar verecek şekilde oluşturulabilirken, gerekli açığı vermek için açı mastarları kullanılabilir.
- Mastarlar, bir açı oluşturmak için uygun bir kombinasyonda sıkı bir şekilde yapıştırılabilen standart bir açı blokları setinde gelir.
- Blok mastarları geliştiren C.E. Johansson aynı zamanda Açı mastarlarının da mucidi olarak bilinir.
- Bununla birlikte, ilk açı mastar seti kombinasyon takımı, Birleşik Krallık'taki Ulusal Fiziksel Laboratuvarından Dr. G.A. Tomlinson'a atfedilir. 1939 yılında en yüksek açı kombinasyonunu sağlayan bir set geliştirdi. On blokluk set, 0° - 180° arasındaki herhangi bir açığı 5' lik artışlarla ayarlamak için kullanılabilir.

Açı Master Bloklarını Ekleme ve Çıkarma

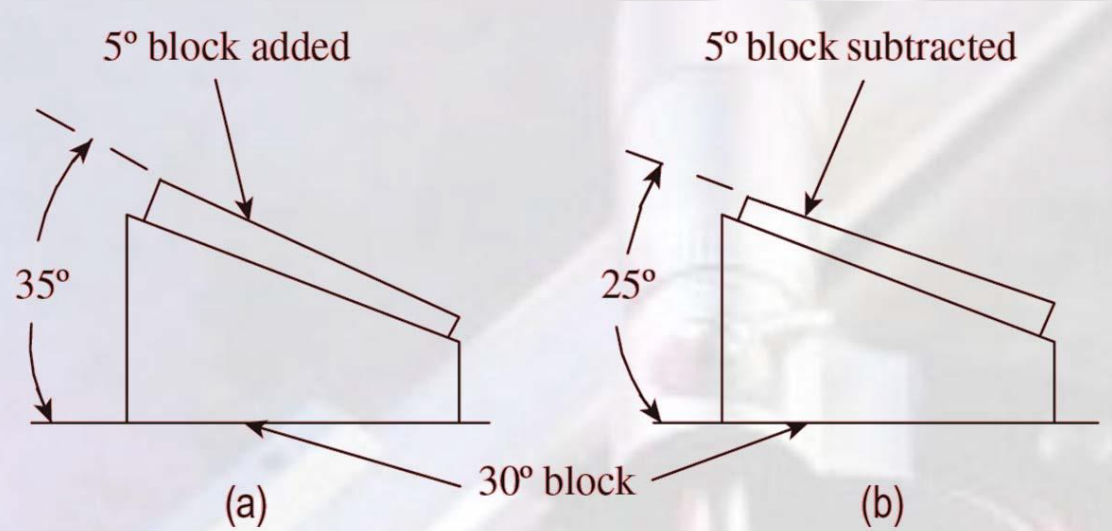


Fig. 5.14 Angle gauge block (a) Addition (b) Subtraction

- Çizimde, iki açı master bloğunun iki farklı açı üretmek için ikili kombinasyon halinde nasıl kullanılabileceği gösterilmiştir. Solda gösterildiği gibi 30° açılı blok ile birlikte 5° açılı bir blok kullanılırsa, ortaya çıkan açı 35°'dir. 5° açılı blok ters çevrilir ve sağda gösterildiği gibi 30° açılı blokla birleştirilirse, ortaya çıkan açı 25°'dir.
- Bir açı bloğunun ters çevrilmesi, diğer açı bloklarının birleştirilmesiyle üretilen toplam açıdan kendisini çıkarır. Bu, minimum sayıda master kullanarak çok çeşitli açıları oluşturmak çeşitli açı master kombinasyonlarının yapabilmeyi mümkün kılar.

Gerçek/Doğru kare

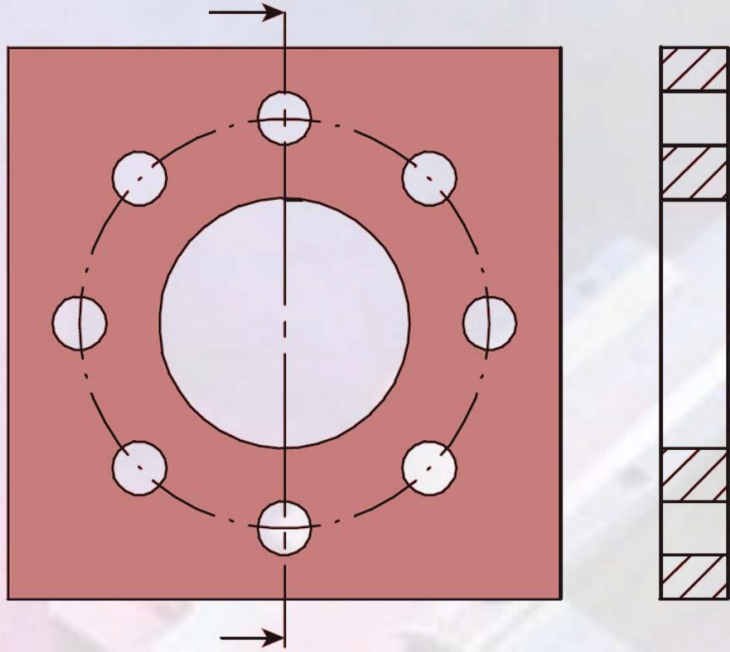


Fig. 5.18 True square

- Gerçek/doğru kare, bir açı mastar setine eşlik eden bir cihaz olarak kullanılır. Takım odası ve laboratuvarlarda mastar setleri yanında kullanılabilir.
- Adından da anlaşılacağı gibi, sertleştirilmiş ve aşınmaya dayanıklı çelikten yapılmış kare bir parçadır. Gerçek karenin tüm yüzleri bitişik ölçüm yüzeylerine tam olarak 90° açıdadır.
- Otokolimatörlerle kullanabilmek için yüksek derecede optik düzgünlük ve paralellik derecesine sahiptir.
- Gerçek karenin ana avantajı, derece, dakika veya saniye adımlarında, mastar bloklarıyla ayarlanabilecek açı aralığını 360° 'e uzatmasıdır. Yandaki şekil gerçek bir karenin şeklini gösterir.

Su terazisi

- Tipik bir su terazisinin detayları şekilde gösterilmiştir. Referans düzlemi denilen taban, düzlük veya düzlüğün belirleneceği makine parçası üzerine oturtulur.
- Taban tam yatay olduğunda, hava kabarcığı camın üzerine oyulmuş dereceli ölçeğin ortasında durur. Su terazisinin tabanı tam yataydan çıktığında, kabarcık borunun en yüksek noktasına doğru kayar.
- Kabarcığın ölçeğe göre konumu, makine parçasının açısallığının bir ölçüsüdür.

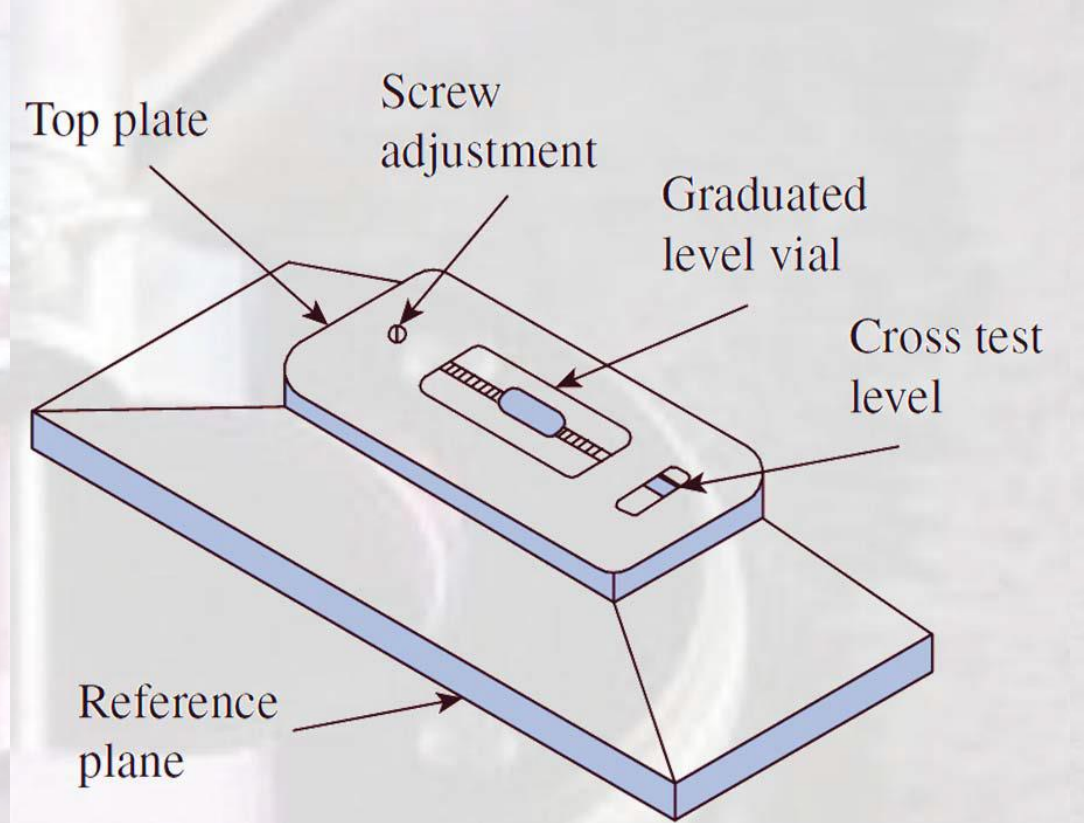


Fig. 5.19 Spirit level

Klinometre

- Klinometre özel bir su terazisidir. Basit su terazisi nispeten küçük açılarla sınırlı olsa da, klinometreler çok daha büyük açılar için kullanılabilir.
- Bir çerçeveye monte edilmiş bir su terazisi içerir, böylece çerçeve yatay bir referansa(taban) göre istenen herhangi bir açıda döndürülebilir. Yüzeylerin doğrusalığı ve düzlemselliğinin ölçülmesi için kullanılır.
- Aynı zamanda, Radyal matkap tezgahının eğimli tablasının ve yüzey taşlama tezgahlarındaki açısal işleri ayarlamak için de kullanılır. Sıradan su terazilerine kıyasla üstün doğruluk sağlarlar.

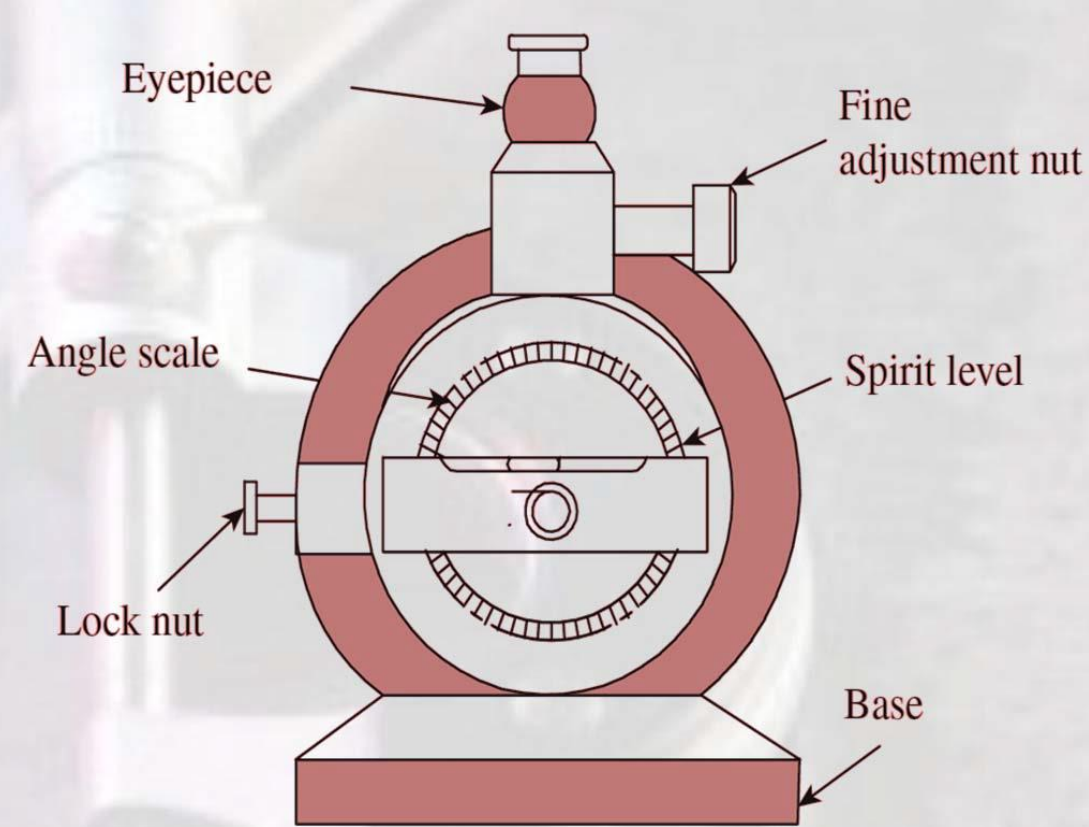


Fig. 5.21 Clinometer

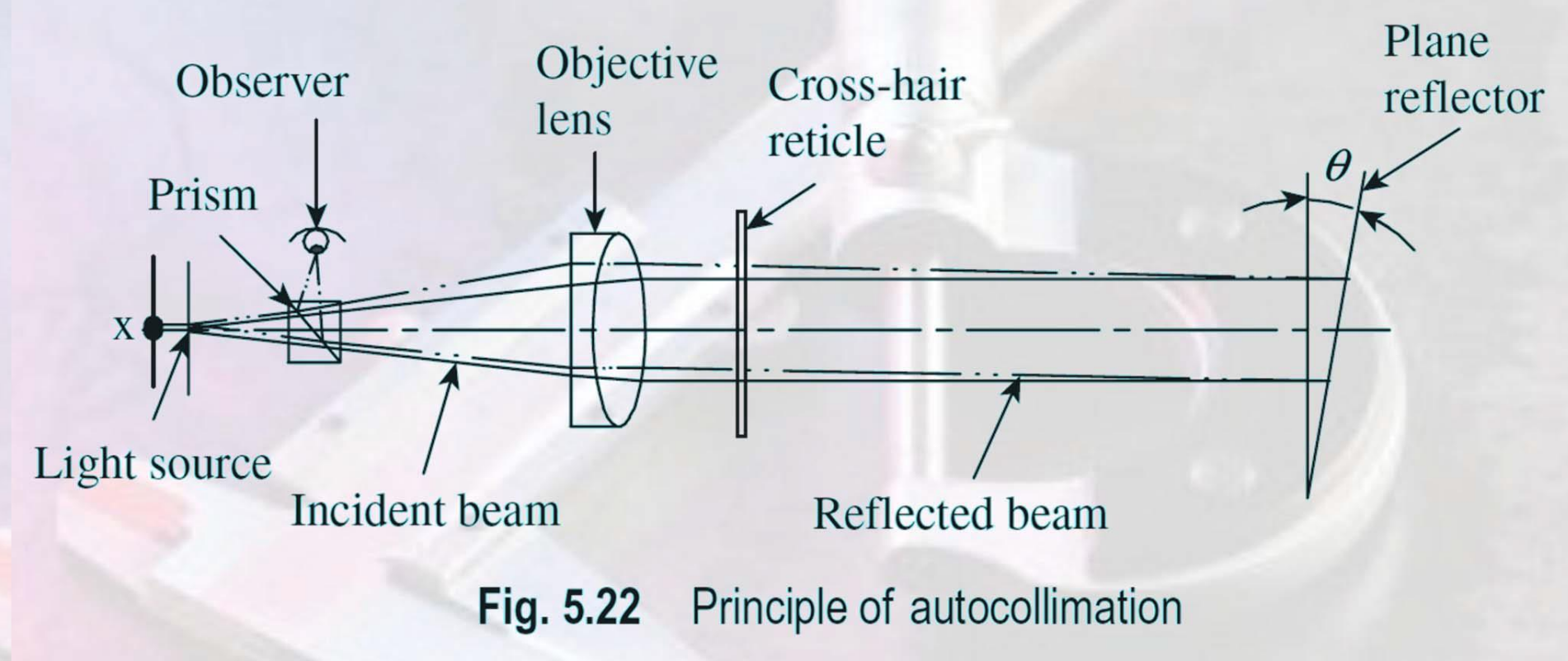
Klinometre

- Klinometrelerle açı ölçmek için, tabanı iş parçasının yüzeyine yerleştirilir. Kilit somunu gevşetilir ve gönyometre içeren kadran, su terazisi içindeki kabarcık yaklaşık merkezde olana kadar hafifçe döndürülür. Şimdi, somun sıkılır ve kabarcık tam olarak flakon camın ortasına gelene kadar ince ayar somunu çevrilir. Okuma daha sonra mercekle yapılır.
- Klinometrelerdeki son gelişme elektronik klinometrelerdir. Bir lineer değişken diferansiyel transduser (LVDT) tarafından yer değiştirmesi elektrik sinyaline dönüştürülen bir sarkaçtan oluşur. Bu şekilde, elektronik amplifikasyonun avantajı sağlanır. Kayıt ve veri analizi yeteneği sağlayan elektronik bir çip tarafından desteklenmektedir. Elektronik klinometreler bir saniyelik duyarlılığa sahiptir.

Optik cihazlar

- Optiğin metrolojiye uygulamasında dört ilke hakimdir. En hayati olanı, nesnenin görsel olarak genişlemesini sağlayan büyütmedir. Büyütme, bir nesnenin niteliklerinin daha kolay ve doğru bir şekilde ölçülmesini sağlar.
- İkincisi doğruluktur. Tek renkli(monokromatik) bir ışık kaynağı, mutlak bir uzunluk standardı sağlar ve bu nedenle, yüksek derecede doğruluk sağlar.
- Bu ilkeler, çok sayıda ölçüm cihazının ve karşılaştırıcısının geliştirilmesini sağlamıştır. Bu bölüm, açısal ölçümde en popüler olan bu araçlardan ikisine, yani otomatik toplayıcıya ve açı dekkoruna ayrılmıştır.
- Üçüncü prensip, hizalamanın bir parçasıdır. Doğrular ve düzlemler gibi referanslar oluşturmak için ışık ışınlarından yararlanır.
- Dördüncü ve önemli olanı, ışıkla ilişkilendirilen eşsiz bir fenomen olan interferometri ilkesidir.

Otokolimatör



Küçük açıları, yüksek çözünürlükle ölçmek için kullanılan özel bir teleskop şeklindedir. Hassas hizalama, açı standartlarının doğrulanması ve bazı açısal hareketlerin tespiti gibi çeşitli uygulamalar için kullanılır.

Otokolimatör

- Düşey bir düzleme göre küçük bir açıyla saptırılan bir ışık demetini toplayarak bir yansıtıcıya yansıtır. Geri yansıyan ışık büyütülür ve bir göz merceğine veya bir fotoğraf dedektörüne odaklanır. Gelen ve yansıyan ışın arasındaki sapma, reflektörün açısal eğiminin bir ölçüsüdür.
- Retikül, bir objektif merceğin odak düzlemine yerleştirilmiş, artı şeklinde çizgileri olan, aydınlatılmış bir hedeftir. Optik eksene dik bir düz ayna, model görüntüsünün tekrar gözlem noktasına yansıtma amacına hizmet eder.
- Çapraz çizgi görüntüsünün göreceli pozisyonunu gözlemlemek için bir görüntüleme sistemi gereklidir. Bu, çoğu otokolimatörde basit bir göz merceği(oküler) ile yapılır.
- Düzlem reflektörün(ayna) θ gibi bir açıyla döndürülmesi görüntünün d miktarıyla yerdeğiştirmesine neden olursa, o zaman, $d = 2f \theta$, olur, burada f objektif lensin odak uzaklığıdır.
- Bu ilişkiden otokolimatörün hassasiyetinin objektif lensin odak uzunluğuna bağlı olduğu açıktır. Odak uzaklığı arttıkça, düzlem reflektörün belirli bir eğimi için doğrusal yer değiştirme daha büyük olur.

Otokolimatörlerin Sınıflandırılması

Otomatik toplayıcılar üç tipte sınıflandırılabilir:

- Görsel veya geleneksel otomatik kolimatör
- Dijital otomatik kolimatör ve
- Lazer otokolimatör

Görsel otokolimatör

Yansıtılan görüntünün yer değiştirmesi, bu tip bir otomatik kolimatörde görsel olarak belirlenir. Yansıtıcı görüntüsü operatör tarafından bir göz merceği aracılığıyla gözlemlenen bir iğne deliği ışık kaynağı kullanılır.

Görsel kolimatörler tipik olarak sonsuza odaklanır, bu da hem kısa mesafe ve hemde uzun mesafe ölçümleri için faydalı olmasını sağlar.

Otokolimatörlerin Sınıflandırılması

► Dijital Otomatik Kolimatör

Dijital otomatik kolimatör, yansıyan ışık ışınını tespit etmek için elektronik bir fotoğraf detektörü kullanır. Bu tip kolimatörün en büyük avantajı, yansıtılan ışını tespit etmek ve işlemek için dijital sinyal işleme teknolojisini kullanmasıdır. Bu, görüntünün kalitesini keskinleştiren, dağınık ışığın filtrelenmesini sağlar.

► Lazer Otomatik Toplayıcı

Lazer otokolimatörleri, sektördeki hassas açı ölçümünün geleceğini temsil eder. Lazer ışınının üstün yoğunluğu, çok küçük nesnelerin (1 mm çapında) açılarının yanı sıra 15 metreye veya daha uzun olan uzun ölçüm aralığındaki açı ölçümü için idealdir. Belirgin bir başka avantaj, ayna gibi olmayan yüzeylerin ölçümü için bir lazerli otomatik kolimatörün kullanılabilmesidir. Ek olarak, lazer ışınının yüksek yoğunluğu, ultra düşük gürültülü ölçümler oluşturur, böylece ölçüm doğruluğunu artırır.

Açılı Dekkor

- Açılı dekkor, otokolimatörün küçük bir varyasyondur. Bu cihaz esas olarak karşılaştırıcı olarak kullanılır ve reflektörün açılal pozisyonundaki değışikliği iki düzlemde ölçer.
- Bir prizmanın yönlendirdiği ışığı alan aydınlatılmış bir skalaya sahiptir. Aydınlatılmış skalanın görüntüsünü taşıyan ışık demeti, şekildeki gibi kolimatör lensten geçer ve iş parçasının yansıtıcı yüzeyine düşer.
- İş parçasından yansıdıktan sonra, mercek tarafından göz merceğinin görüş alanına girecek şekilde yeniden odaklanır. Bunu yaparken, aydınlatılan skalanın görüntüsü, optik eksene göre 90° dönmüş olacaktır.
- Şimdi, ışık demeti, şekilde gösterildiği gibi ışık demeti yolu boyunca sabitlenmiş olan referans skaladan geçecektir.

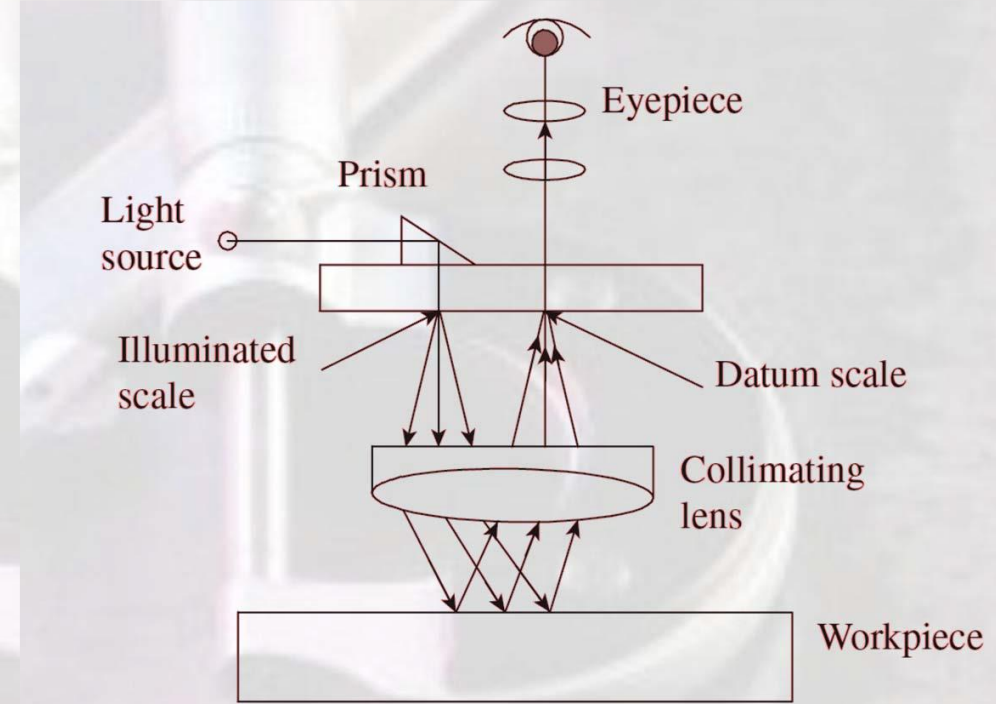


Fig. 5.26 Angle dekkor

İki Skalanın Kesişimi

- Göz merceğinden bakıldığında, ışıklandırılmış skaladan alınan okuma, optik eksene 90° dik bir eksenden açısal sapmaları ölçer ve sabit datum skalasındaki okuma, buna dik bir eksen etrafındaki sapmayı ölçer.
- İki ölçeğin kesişme noktasını veren göz merceğindeki görünüm, şekilde gösterilmiştir. Ölçekler genellikle 1 dakikalık doğruluğa kadar ölçmektedir. Bu okuma aslında reflektörün açısal pozisyonundaki değişiklikleri iki düzlemde gösterir.
- Açılı dekkorun ilk okuması, reflektörün konumunu değiştirmeden önce iki ölçek üzerindeki okumayı gösterir.

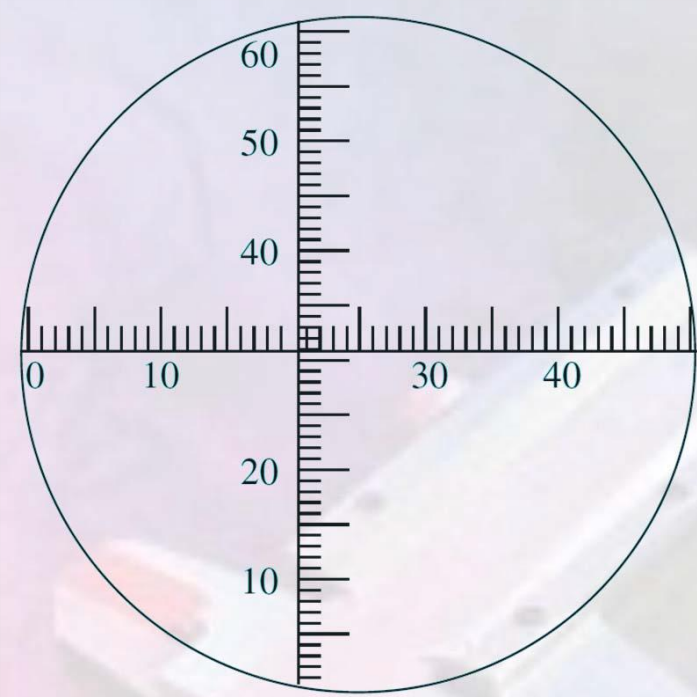


Fig. 5.27 Intersection of two scales

İki Skalanın Kesişimi

- Reflektör bir miktar açısal olarak eğildikten sonra, yapılan ikinci okuma her iki skalada kesişme noktası kaydedilerek not edilir.
- İki skala üzerinden yapılan okumalar arasındaki fark, reflektörün birbirine dik 90^0 'de duran iki düzlemde ne kadar eğildiğini gösterir.

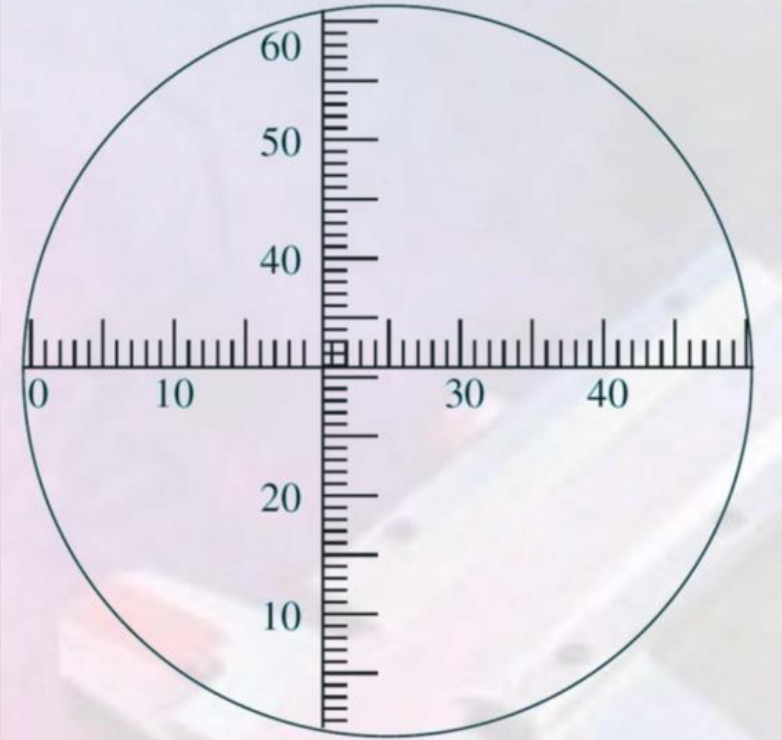


Fig. 5.27 Intersection of two scales