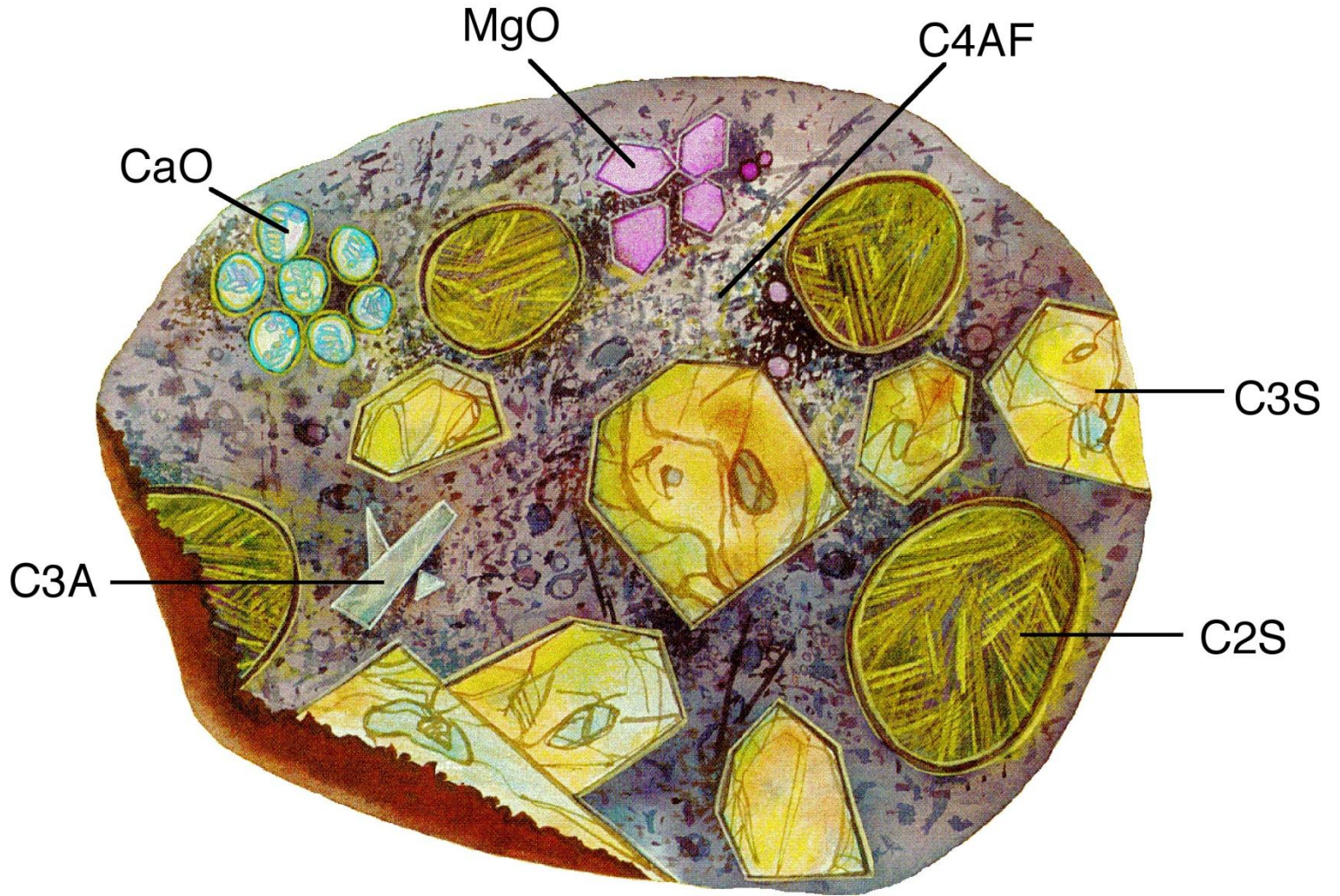


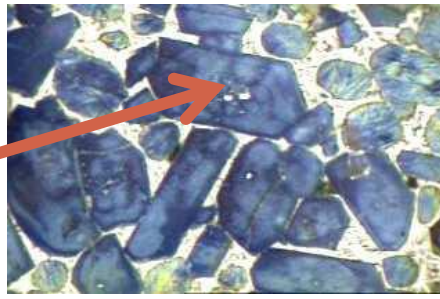
Çimento Klinkeri

Mikroyapısı: C_3S , C_2S ve Periklas

Araş. Gör. (İnş. Yük. Müh.) Çağlar YALÇINKAYA
Dokuz Eylül Üniversitesi – Ocak 2011



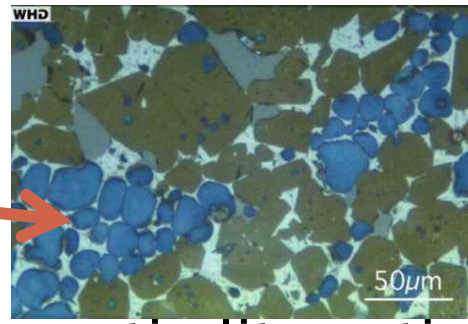
ALİT (C_3S)



- ▶ Alit; çimento endüstrisinde genelde C_3S olarak isimlendirilen, saf olmayan trikalsiyum-silikatın trigonal, monoklinik ve triklinik modifikasyonlarının katı çözelti serileridir.
- ▶ Çimentonun ana mukavemet sağlayıcısıdır.
- ▶ Genellikle altıgen levha şeklindedir.
- ▶ Levha kalınlıkları soğutma hızı ile ilişkilidir.
- ▶ 12 – 20 μm çaplı alit kristalleri öğütme kolaylığı ve mukavemet açısından iyi boyutlardadır.
- ▶ Kireç doygunluk faktörü (KDG, KST, LSF vb.) düştükçe miktarı azalır.

- ▶ Silikat modülü ($SM = S/A + F$) düştükçe eriyik faz artar. Sinterleşme kolaylaşır. KST ve SM sabitken Alümina modülü ($AM = A/F$) düşük ise Alit oluşumu artar.
- ▶ Yüksek hızlı soğutma ile Alitin Belite geri dönüşümü engellenebilir ve miktarı arttırılabilir.
- ▶ Alit kristalleri içinde Belit artıkları (düğmeleri) kalabilir.
- ▶ Isırılmış formda Alitler gözlenebilir. Yavaş soğutmada Alit çözülmesinden kaynaklı bir durumdur.

Belit (C_2S)



- ▶ Uzun dönemde mukavemeti alite yetişir.
- ▶ Yüksek KST'li klinkerlerde az bulunur.
- ▶ Dairesel kesitli, lamelli yapısı vardır.
- ▶ Genelde βC_2S halindedir ancak hidrolik özelliği olmayan γ fazına dönüşebilir. Bu da klinkerde hacim artışından dolayı ufalanmalar yaratabilir.
- ▶ Gözenek etrafında belit toplulukları oluşabilir. Bunun sebebi iri kuvars tanelerinden dolayı homojenliğin bozulması, serbest kalkın yüksekken alit miktarının düşük olmasıdır.

- ▶ İri belit kristallerinin oluşum sebebi; yavaş ısıtmadan kaynaklı alit oluşumunun kısıtlanması, yüzey aktivitesi düşük belitlerin oluşmasıdır. Hızlı soğutma çözüm yoludur.
- ▶ Homojenlik bozuk ise CaO belirli bölgelere toparlanır ve diğer tarafta konsantrasyonu azalır. Bu sebeple bir tarafta belit, diğer taraflarda serbest kalk oluşur. Difüzyon mesafesi uzamıştır.

MgO ($\approx$ periklas)



- ▶ MgO çimentoda en çok %5 oranında olabilir ve bunun yaklaşık yarısı periklastır.
- ▶ Sertliği yüksektir, parlak yüzey örneklerin hazırlanması esnasında az aşınarak yüksek kotlarda kalır ve mikroskop altında rahat ayırt edilebilir.
- ▶ Genelde düzensiz şekilli veya dal şeklindedir.
- ▶ Kristal boyutları düşük, ince kristalli homojen periklaslar, topaklanmış iri kristallerden daha az hacimsel genleşir.
- ▶ Hacim sabitliği uzun süre sonra bozulur ve tehlike arz eder.
- ▶ Hızlı soğutmayla periklaslar ufak kristalli hale dönüştürülmelidir.

Silikat Fazlarını Ayırt Etmekte Kullanılan Bazı Yöntemler

► Seyreltilmiş salisilik asit renklendirmesi

(0,2 g salisilik asit+25mL etil alkol+25 mL su)

Örnek bu çözeltiye 20–30 saniye daldırılır, alkol fışkırtılarak temizlenir.

Alit ve belit mavi–yeşil renkli belirir.

► Salisilik asit dağlaması

0,5 g salisilik asit 50 ml metil alkolde çözülür. 45 saniye sonra alit ve belit belirginleşir. Takiben lamelli yapı belirir. Süre uzadıkça belit lamelleri kaybolmaya başlar. Alit, belitten daha şiddetli dağlanır.

► Nital

Silikatlar için kullanılan en yaygın renklendirme ve dağlama yöntemidir.

Nital 1,5 mL nitrik asit (HNO₃)'in 100 mL etil, metil, izopropil veya amil alkolde çözülmesi ile elde edilir. Çözelti Alit ve belitle 6 – 10 saniyede tepkimeye girer. %0,005 seyreltme ile reaksiyon süresi 20 – 40 saniyeye çıkar. Silikatların göreceli reaktivitesine göre alit maviden yeşile, belit ise kahverengiden maviye döner.

► Aseton – su çözeltisi

(1:1 oranda) hafif renklendirme için kullanılabilir çünkü silikatlarla yavaşça reaksiyona girer. 120 saniye renklendirme süresi ile alit ve belit net biçimde görülebilir. Ayrıca C3A'da görülebilmektedir.

► İzopropil alkol çözeltisi

(10 mL izopropil alkol + 90 mL su) Bu çözelti 30 saniye ile 2 dakika arasında alitle güçlü, belitle ise zayıf şekilde reaksiyona girer. C3A zayıf reaksiyon gösterir

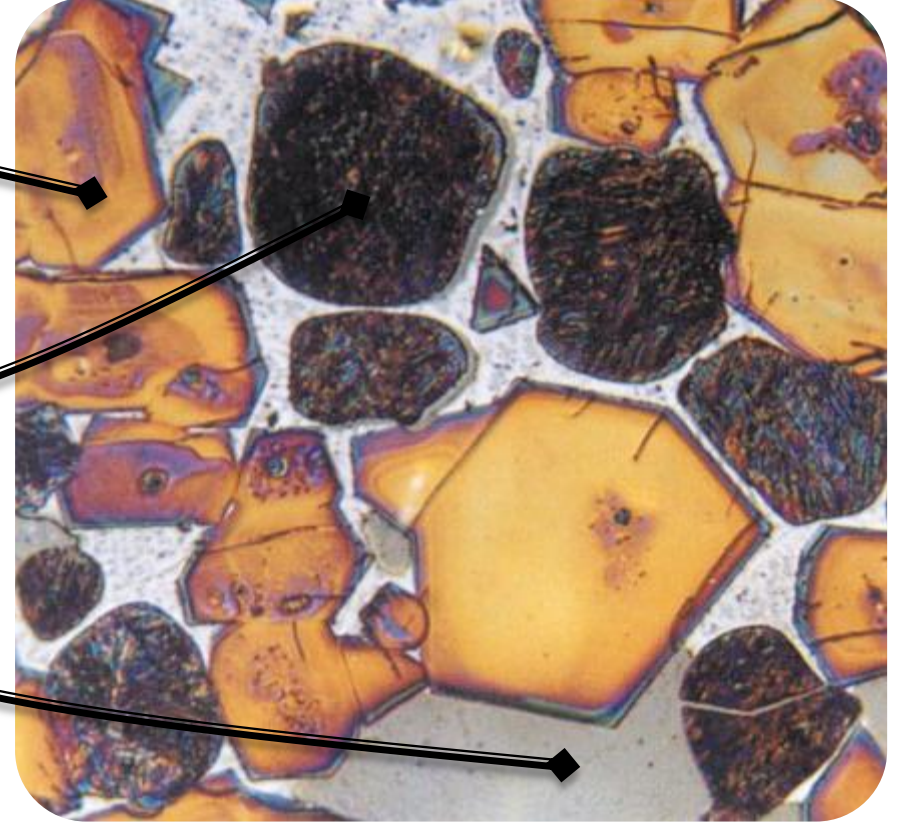
► Diğer yöntemler

Maleik asit, amonyum klorid, amonyum nitrat çözeltisi, hidroflorik asit buharı, distile su, dimetil amonyum sitrit çözeltisi, boraks çözeltisi, CDTA (Cyclohexanediaminetetraacetic) çözeltisi gibi yöntemler mevcuttur.

Mikroyapı Fotoğrafları–ALİT (C_3S)

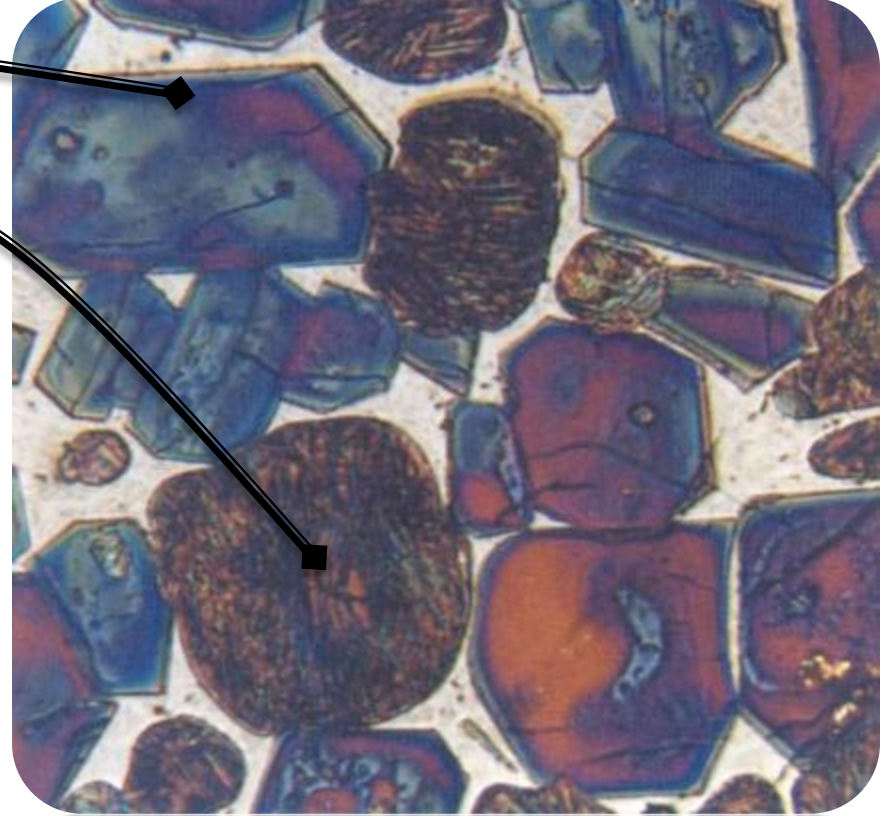
Öz şekilliden– yarı öz şekilliye bölgenmiş şekilde sarımsı olanlar alit; koyu, dairesel şekilli, çok yönlü lamelleri olanlar ise belittir. Kesitte ferrit ve aluminat fazları iyi ayırt edilebilmektedir. Fotoğrafın alt kısmında epoksi dolu boşluk vardır.

Kömür yakıtlı fırın, ıslak proses ile üretilen klinkerden alınan fotoğraftır.



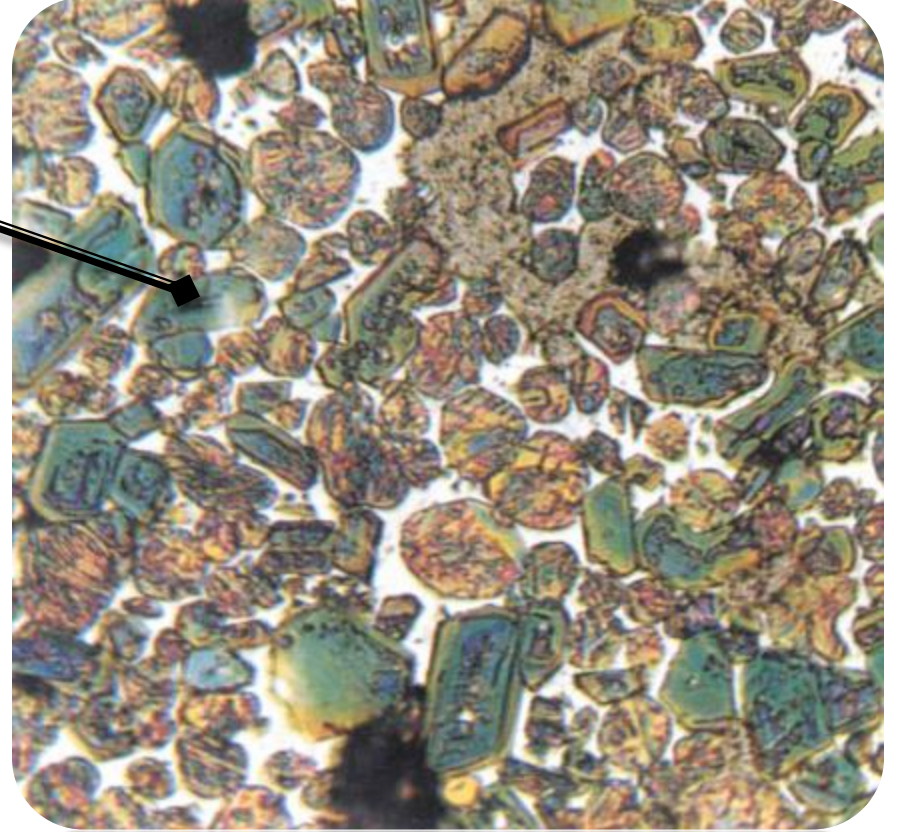
Parlak kesit
Nital dağlaması
0,21x0,21 mm alan

Öz şekilli mavi ve kırmızı kahverengi olanlar alit, çok yönlü lamellere sahip kahverengi olanlar belit kristalleridir. Açık şekilde farkedilebilen, oldukça küçük mikrokristalli aluminat ve ferrit fazları ara fazlardır. Yüksek maksimum sıcaklık, uzun pişme süresi, orta halli ısıtma hızı, hızlı soğutma uygulanmıştır. Islak proses, kömür yakıtlı fırın klinkeridir. İstiridye kabuğu, kil ve demir cevheri beslemelidir.



Parlak kesit
Nital dağlaması
0,21x0,21 mm alan

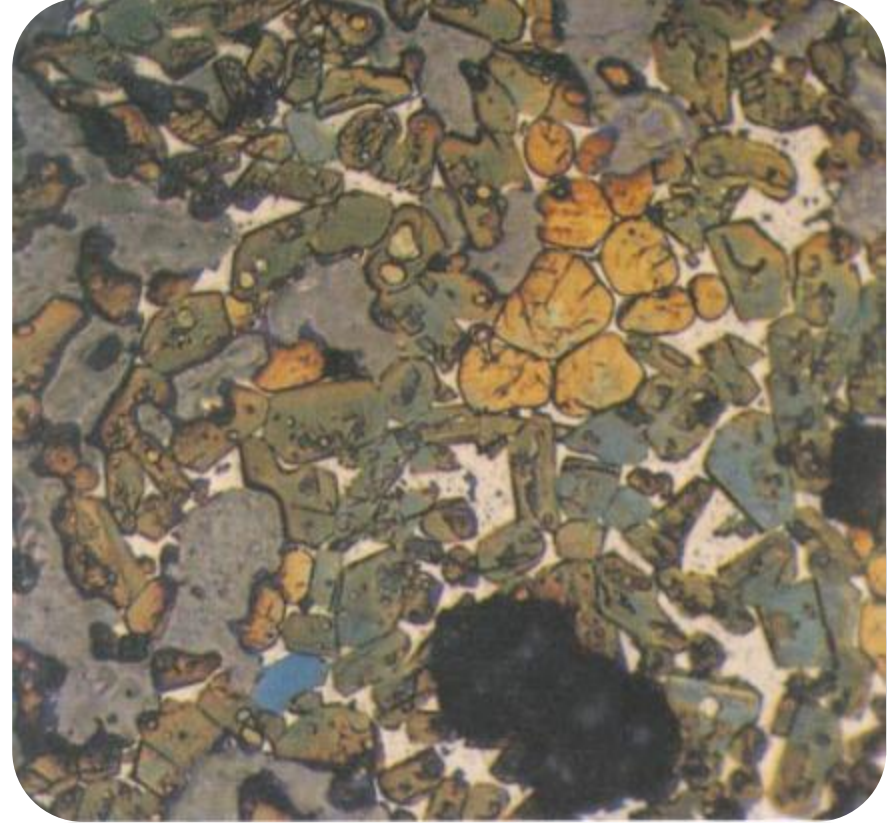
Küçük, yeşil-mavi, köşeli olan alitler; çok renkli, yuvarlak kesitli olan belitler açık renkli ferritçe zengin matriste geniş bir yelazede kristal boyutlarına sahiptir. Kömür yakıtlı, ıslak prosesli fırın ürünü, 47-48 MPa'dır.



Parlak kesit
Nital dağlaması
0,21x0,21 mm alan

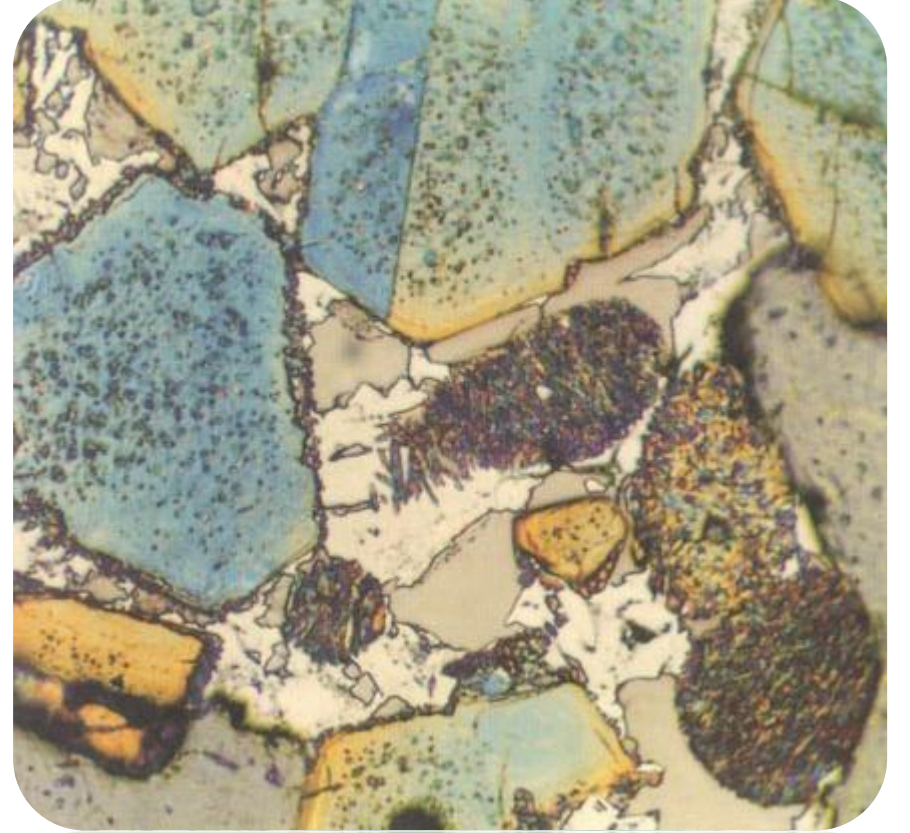
Mikroyapı Fotoğrafları–Belit (C_2S)

Silika kaynağı olarak quartz yerine marn kullanılarak ham karışımın laboratuvarında pişirilmesiyle elde edilen klinker. Belit klinkerde iyi dağılmış ve az bir oranda yuvalanmış şekilde rastlanmakta. 30 dakika $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve 10 dakika $1425\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de pişirilmiş. Çok hızlı sıcaklık değişimi. Ortalama alit boyutu $20\text{ }\mu\text{m}$.



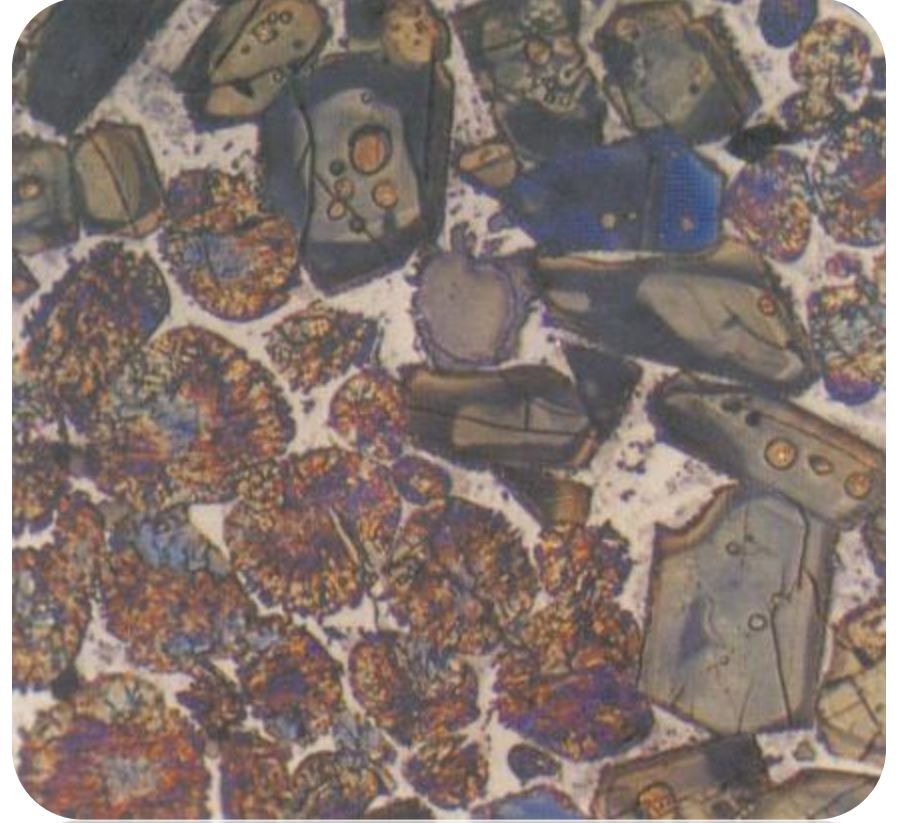
Parlak kesit
Nital dağlaması
0,53x0,53 mm alan

Yenmiş belit kristalleri ve ikizlenmiş alit zerindebelit tavrakası görülmekte. Sayıca çok olan benekler alit üzerindeki impriteleri göstermekte. İri kristalleşmiş gri faz aluminatken, biraz daha parlak olanlar ferrittir. Yavaş soğutulmuş klinkerden..



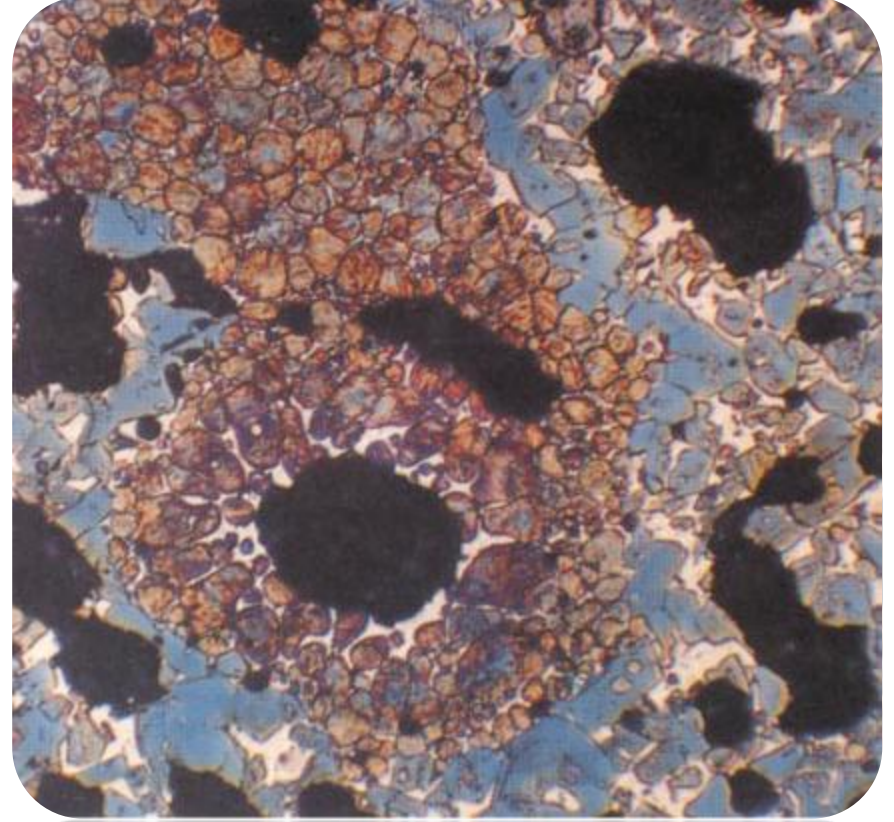
Parlak kesit
Nital ve KOH dağlaması
0,21x0,21 mm alan

Öz şekilliden yarı öz şekilliye bölgenmiş alitler ve yenmiş, yuvarlak, içsel düzensizlikli belitler matriste kolayca ayırt edilmekte. Orta üst kısımda alkali sülfat çevrili bir dairesel boşluk gözükmemekte. Kömür-kok ile pişirilmiş, kuru işlemlili fırın, orta üstü pişirme süresi, yavaş ısıtma hızı, düşük – orta düşük seviyede soğutma hızı.



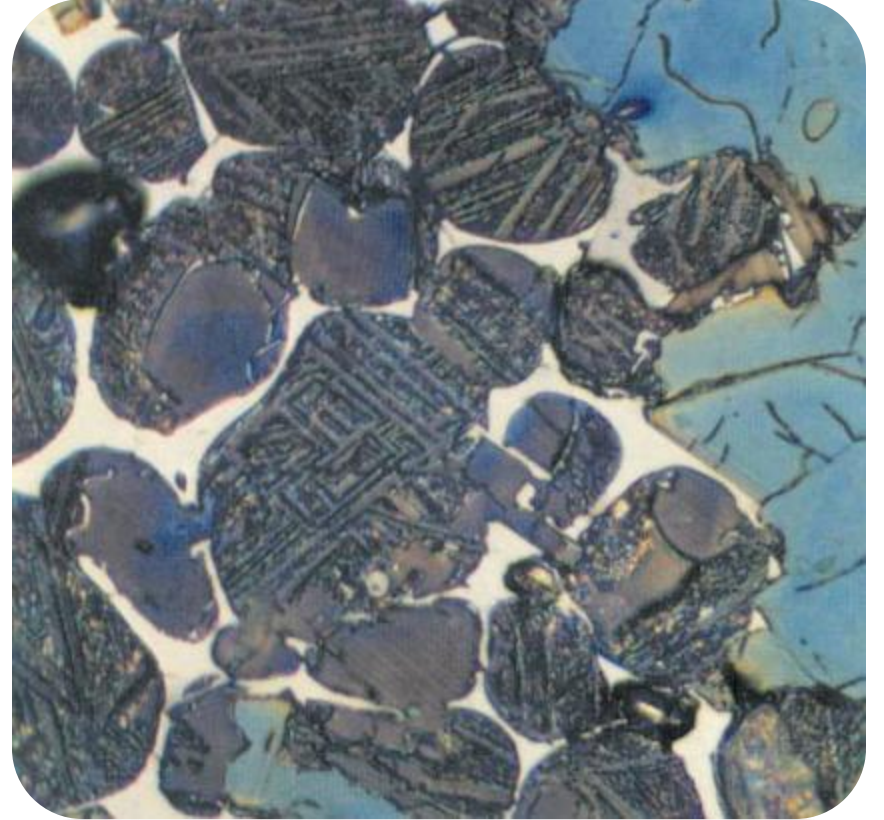
Parlak kesit
Nital dağlaması
0,21x0,21 mm alan

Boşluk etrafında (siyah) net biçimde yuvalanmış türleri içeren belit kristalleri. İri kuvars taneleri kullanılması muhtemel. Kuru prosesli fırında, kömür-kok yakıtı ile pişirilmiş.



İnce kesit
0,53x0,53mm alan

İri kristalleşmiş bir klinkerin parlak kesiti. Belit kristalleri hem lamelsiz, hem paralel lameller içeren şekilde geniş bir alana yayılmış. Tip 1 türü belit klinkerde hakim. KOH özü ve silikat konsantrasyonunu takiben yapılan XRD analizleri %7 ve %10 oranında alfa formda belit olduğunu göstermekte. Parlak reflekteli ferritler görülmekte. Yüksek maksimum sıcaklık, uzun pişirme süresi, yavaş ısıtma hızı, orta derecede hızlı soğutma.



Parlak kesit
Nital dağlaması
0,21x0,21 mm alan

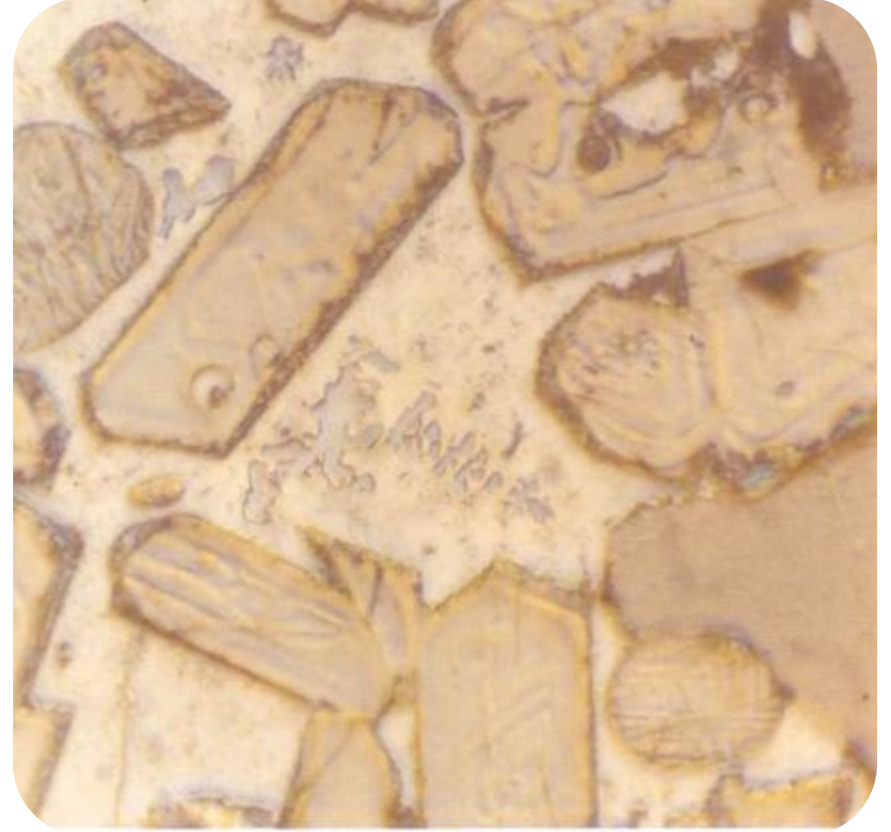
Mikroyapı Fotoğrafları–Periklas

Aşırı büyümüş belit için dentritik periklas şeklinde alt tabaka (sol orta) Alit kristalleri, çok ince mikro kristaller içeren aluminat ve ferrit matrisin içine doğru yüzeysel olarak büyümekte. Yüksek sıcaklıktan – yavaş soğutma ile.



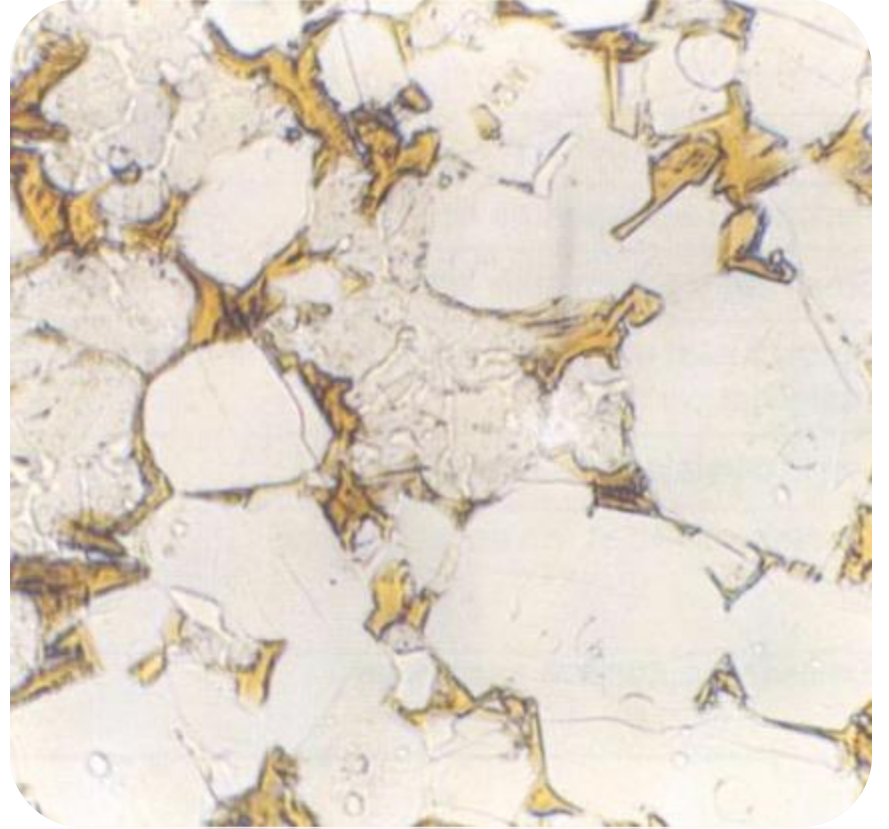
Parlak kesit
Su dağlaması
0,14x0,14 mm alan

Topoğrafik işaretleme destekli
üretilmiş parlak kesit, 10 saniye
nital dağlamayı takiben 0,05 µm
alumina ile 10 saniye
Textmet™ uygulaması.
Farkedilebilen dentrik periklaslar
(pembemsi-gri matrisli) ve silikat
konuşlanması. Yüksek maksimum
sıcaklık, hızlı ısıtma, yavaştan -
orta yavaşa soğutma, kömür-kok
yakıtlı, kuru prosesli fırın.



0,95x0,95 mm alan

Ultra ince kesit düzensiz belit kristalleri arasında dentritik periklasları göstermekte. Kesit kalınlığı yaklaşık 10 μm . Kömür – yakıtlı, ıslak prosesli fırın. Yüksek maksimum sıcaklık, uzun pişirme süresi, orta-yavaş ısıtma, orta-hızlı soğutma.



Geçirilmiş– düzlem polarize ışık
(transmitted, plane polarized light)
0,21 x 0,21 mm alan

TEŞEKKÜRLER.....

Referanslar:

Dr. H. Donald H. Campbell (1999) – Microscopical Examination and Interpretation of Portland Cement and Clinker (Second Edition), Portland Cement Association, USA, IL.