ÖZET

KLİNKER PETROGRAFİK GÖRÜNTÜLER İÇİN ANALİZ SİSTEMİ

Buluş, çimento üretiminde kullanılan klinkerin yapısal ve mineralojik özelliklerini belirlemek üzere, optik mikroskop ile elde edilen petrografik görüntülerin, mikroskop arayüzüne ihtiyaç duymaksızın üretken yapay zekâ modelleri ile analiz edilmesini sağlayan analiz sistemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Çimento üretiminde kullanılan klinker petrografik görüntüler için analiz sistemi olup, özelliği;

- klinker numunelerin iç yapısını görüntüleyen, üzerinde yer alan kamera vasıtasıyla her numune için görüntüler alan ve aldığı görüntüleri fotoğraf olarak kaydeden mikroskop,
- mikroskoptan kaydedilen görüntüleri alan, aldığı görüntülere önişleme ve veri artırma işlemleri uygulayıp görüntüleri etiketleyen ve faz ayrımı için dijital olarak işleyen analiz modülü,
- petrografik görüntüyle eğitilmiş ve klinker özelinde işlenmiş modele sahip olan, analiz modülünden aldığı görüntülerden faz bilgileri çıkarıp yorumlama yapan yapay zeka modülü içermesidir.

TARİFNAME

KLİNKER PETROGRAFİK GÖRÜNTÜLER İÇİN ANALİZ SİSTEMİ

Teknik Alan

Buluş, çimento üretiminde kullanılan klinkerin yapısal ve mineralojik özelliklerini belirlemek üzere, optik mikroskop ile elde edilen petrografik görüntülerin, mikroskop arayüzüne ihtiyaç duymaksızın üretken yapay zekâ modelleri ile analiz edilmesini sağlayan sistem ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Çimento üretiminde nihai ürün kalitesini etkileyen en önemli ara ürünlerden biri olan klinkerin yapısal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi, kalite kontrol süreçlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu bağlamda, petrografik inceleme, klinkerin mikroyapısının ve içeriğindeki fazların niteliklerinin ortaya konmasında kritik öneme sahiptir. Petrografik analizler sayesinde, yalnızca ürünün kimyasal bileşimi değil, aynı zamanda üretim sürecinde kullanılan hammaddenin homojenizasyon kalitesi, pişme derecesi ve fırın koşulları hakkında da detaylı bilgi elde edilebilmektedir. Bu durum, söz konusu yöntemi sadece kalite değerlendirme aracı değil, aynı zamanda üretim sürecine yönelik operasyonel iyileştirme fırsatlarının tespiti açısından da değerli kılmaktadır.

Petrografik analiz süreci temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır: numune hazırlama, mikroskop altında görüntüleme ve son olarak bu görüntülerin yorumlanması. Özellikle yorumlama aşaması, uzmanlık ve deneyim gerektirmekte olup, oldukça zaman alıcı bir süreçtir. Bu durum, petrografik analizlerin seri üretim ortamlarında yaygın ve hızlı kullanımını kısıtlayan bir unsur haline gelmektedir.

Mevcut durumda, mikroskop görüntülerinin yorumlanmasına yönelik üretken yapay zeka tabanlı bir sistem bulunmamaktadır. Geleneksel yöntemlerde, faz oranlarının belirlenmesi, faz morfolojisinin değerlendirilmesi ve yorumlanması, tamamen manuel veya yarı otomatik yöntemlerle yapılmakta; bu da süreçte hem insan hatası riskini artırmakta hem de zaman ve kaynak açısından verimliliği düşürmektedir.

Mevcut teknikte yapılan araştırma sırasında US20190318467A1 numaralı başvuruya rastlanılmıştır. Başvuru, petro-grafik incelemeye yönelik ince kesit görüntülerinin makine öğrenimiyle otomatik analiz edilmesine dair bir sistem ile ilgilidir. Başvuruda görüntü

işleme motoru ile segmentasyon yaparak tane boyutları, çevre uzunlukları gibi tekstürel parametreler elde edilmesi ve faz kompozisyonlarının sayısal olarak analiz edilmesi gerçekleştirilmektedir. Ancak başvuruda pptik mikroskop arayüzü olmaksızın, faz boyutlarının ve miktarlarının doğrudan analiz edebilmesi gerçekleştirilmemektedir.

Sonuç olarak, yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli kılınmıştır.

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut durumlardan esinlenerek oluşturulup yukarıda belirtilen olumsuzlukları çözmeyi amaçlamaktadır.

Buluş, çimento sektöründe kullanılan petrografik analiz yöntemlerine üretken yapay zekâ (Gen-AI) entegrasyonu sağlayarak, klinker mikroyapısının yorumlanma sürecini otomatize etmektedir. Mevcut teknikteki yöntemlerde, optik mikroskop ile elde edilen görüntüler uzman kişiler tarafından manuel olarak analiz edilmekte; fazların boyutları, morfolojileri ve karşılıklı ilişkileri kullanıcı deneyimine dayalı olarak değerlendirilmektedir. Bu süreç hem zaman alıcı olmakta hem de yorumlamaya bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Buluşun ana amacı, optik mikroskop ile elde edilen petrografik görüntülerin, mikroskop arayüzüne ihtiyaç duymaksızın üretken yapay zekâ modelleri ile analiz edilmesini sağlamaktır. Bu sayede, faz boyutları ve miktarları, hızlı ve yüksek doğrulukla belirlenebilmekte; elde edilen veriler, klinkerin üretildiği zaman dilimine ait proses verileriyle eşleştirilerek, üretim sürecinde meydana gelen değişikliklerin tespiti ve optimum proses parametrelerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Buluş konusu, görüntü işleme algoritmaları, doğal dil işleme (NLP) destekli veri özetleme teknikleri ve geçmiş analiz verilerine dayalı öğrenme yeteneklerini bir araya getirerek, insan uzmanlığına yakın doğrulukta ve çok daha hızlı bir analiz süreci sunmaktadır. Böylece klinker üretim süreci daha etkin şekilde izlenebilir ve yönetilebilir hâle gelmektedir.

Petrografik incelemelerde manuel değerlendirme zaman alıcıdır. Buluş konusu yapay zekâ desteğiyle, görüntülerin otomatik faz tanımlaması, fazların boyutlandırılması ve

sınıflandırması sayesinde analiz süresi önemli ölçüde kısalmaktadır. Bu da üretim sürekliliğini destekler.

Buluş, uzman operatörlerin yorum farklılıklarını ortadan kaldırarak daha tutarlı, tekrarlanabilir ve standart analiz sonuçları elde edilmesini sağlar. Böylece insan hatası riski azalır.

Buluş ile yapay zekâ sisteminin geçmiş veriyle eğitilmesi sayesinde, belirli anomaliler ile süreç hataları arasında ilişki kurulabilir. Bu sayede önleyici bakım ve süreç düzeltmeleri önceden yapılabilir.

Buluşta analiz sonuçlarının dijital ortamda sınıflandırılması, görsellerle birlikte veri tabanlarında saklanması sayesinde kurumsal bilgi birikimi oluşturulmakta ve sonraki dönem analizlerinde karşılaştırmalı değerlendirme yapılabilmektedir.

Buluşta, sürecin daha erken aşamasında kalite problemlerinin tespit edilmesi, klinker üretiminde enerji ve hammadde israfını azaltmakta; toplam üretim maliyetlerini düşürmektedir.

Özetle, buluş konusu sistemin sahip olduğu yapay zekâ tabanlı otomasyon, karar destek ve entegrasyon özellikleri, sadece laboratuvar düzeyinde değil, üretim hattı genelinde verimlilik artışına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, buluşa konu olan klinker petrografik görüntüler için analiz sistemi tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak açıklanmaktadır.

Buluş, çimento üretiminde kullanılan klinker petrografik görüntüler için analiz sistemi olup, klinker numunelerin iç yapısını görüntüleyen, üzerinde yer alan kamera vasıtasıyla her numune için görüntüler alan ve aldığı görüntüleri fotoğraf olarak kaydeden mikroskop, mikroskoptan kaydedilen görüntüleri alan, aldığı görüntülere önişleme ve veri artırma işlemleri uygulayıp görüntüleri etiketleyen ve faz ayrımı için dijital olarak işleyen analiz modülü, petrografik görüntüyle eğitilmiş ve klinker özelinde işlenmiş modele sahip olan, analiz modülünden aldığı görüntülerden faz bilgileri çıkarıp yorumlama yapan yapay zeka modülü içermektedir.

Üretim hattından düzenli aralıklarla klinker numuneler alınmaktadır. Numuneler, önce epoksi karışımı ile kalıplara alınır. Kalıptan çıkarıldıktan sonra zımparalama ve dağlama işlemine tabii tutularak mikroskop altında incelenmeye hazır hâle getirilir.

Numune, polarize mikroskop altında incelenir. Mikroskop, klinkerin iç yapısının görüntülenmesini sağlar. Mikroskobun üzerinde yer alan kamera sayesinde her numune için görüntüler alınır ve alınan görüntüler fotoğraf olarak kaydedilir.

Fotoğraf olarak kaydedilen görüntüler, analiz modülüne iletilir. Analiz modülünde, görüntüler sınıflara göre etiketlenerek modellemeye hazır hale getirilir. Analiz modülünde görüntülere önişleme ve veri artırma işlemleri uygulanır. Görüntüler etiketlenir ve faz ayrımı için dijital olarak işlenir. Renk ve şekle göre fazlar ayrıştırılır ve fazların boyutları tespit edilir.

İşlenmiş görüntüler, daha önce etiketlenmiş verilerle eğitilmiş üretken yapay zeka (GenAI) modülüne aktarılır. Yapay zeka modülünde, etiketlenmiş görüntüler makine öğrenmesi algoritması ile eğitilerek model oluşturulur. Yapay zeka modülü analiz eder ve doğal dilde yorum üretir.

Yapay zeka modülü, görüntüleri analiz edip buna dair açıklama üreten bir modele sahiptir. Görüntülerden faz bilgileri çıkarılır, ardından doğal dilde yorumlama yapılır. Model, daha önce petrografik görüntüyle eğitilmiş ve klinker özelinde optimize edilmiştir. Modelde koşturulan yazılım YOLO kütüphanesi ile eğitilir, PyTorch altyapısıyla çalışır ve görsel işleme ve metin üretimi bileşenlerinden oluşur.

Yeni gelen görüntülerin yapay zeka modülünden geçirilerek sonuçların üretken yapay zeka ile değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Değerlendirmeler raporlanarak kullanıcıya grafik veya yorum şeklinde sunulmaktadır.