

TIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen SPH270-C Çeliğinin Mikroyapı ve Çekme Özelliklerinin İncelenmesi

Muhammed Elitaş^{1*}

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye

*muhammed.elitas@bilecik.edu.tr

(Received: 22 August 2024, Accepted: 28 August 2024)

(5th International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2024, August 25-26, 2024)

ATIF/REFERENCE: Elitaş, M. (2024). TIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen SPH270-C Çeliğinin Mikroyapı ve Çekme Özelliklerinin İncelenmesi . *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(7), 139-144.

Özet – Otomotiv endüstrisinde birçok farklı çelik kullanılmaktadır. Sıcak haddelenmiş çelik de bu kapsamda endüstride kullanıma sahip önemli bir çelik çeşididir. Sıcak haddelenmiş çeliklerin birleştirilmesinde birçok farklı kaynak tekniği kullanılmaktadır. Gaz tungsten ark kaynağı (TIG) bu kaynak teknikleri arasında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada sıcak haddelenmiş SPH270-C çeliği 3 farklı ilerleme hızında (2,14 cm/dk, 3,74 cm/dk ve 7,48 cm/dk) TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Diğer kaynak parametreleri (kaynak akımı, gerilim, tel çapı, tel sürme hızı, kaynak yüksekliği) sabit tutularak ilerleme hızının kaynaklı birleşimlerin mikroyapı ve çekme dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kaynak işlemi heterojen bir mikroyapının oluşmasına sebep olmuştur. Esas metal, ısının tesiri altındaki bölge (ITAB) ve kaynak metal olmak üzere 3 farklı bölge tespit edilmiştir. İlerleme hızı arttıkça çekme dayanımında artış meydana gelmiştir. 2,14 cm/dk ilerleme hızında gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde sağlıklı birleşimler elde edilemediği için numuneler kaynak metalinden kırılmıştır. 3,74 cm/dk ve 7,48 cm/dk ilerleme hızlarında elde edilen kaynaklı birleşimlerde ise kırılmalar esas metalde meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler – Sıcak Haddelenmiş Çelik, TIG Kaynağı, Mikroyapı, Çekme Dayanımı, Kırılma.

I. GİRİŞ

SPH270-C, genellikle otomotiv endüstrisinde tercih edilen ve minimum çekme dayanımı 270 MPa olan sıcak haddelenmiş düşük karbonlu çelik çeşididir. Toyota sıcak haddelenmiş Japon Endüstri Standardı kodu ise TSG3100G olarak belirlenmiştir. SPH270-C çeliği, özellikle şekillendirme, eğme, derin çekme ve kaynak uygulamalarına elverişlidir[1]. Düşük karbonlu çeliklerin kaynak işlemi için, malzemelerin ergitilme ve birleştirilmesinde özellikle TIG kaynak metodu endüstride geniş bir kullanıma sahiptir[2]. TIG kaynağı yüksek kalitede kaynaklar elde edilmesine olanak tanıma ve nispeten düşük ekipman gereksinimi sebebiyle geniş kapsamda kullanılan ve tercih edilen metottur[3]. TIG kaynak işleminde tungsten elektrot; argon, helyum, azot, hidrojen veya karışımları gibi inert ve/veya indirgeyici gazların akışıyla korunur. Tükenmeyen tungsten elektrot ve iş parçası arasında elektrik arki teşekkül eder[4]. TIG kaynak işlemi, orta kalınlıktaki çeliklerin birleştirilmesinde hem maliyet hem de zaman tasarrufu sağlaması yönüyle avantaja sahiptir[5]. TIG kaynağı kullanılarak temiz, hassas ve güçlü (dayanıklı) birleşimler elde edilmektedir[6], [7], [8]. TIG kaynak işleminde, ergiyen metaller metalürjik bağı

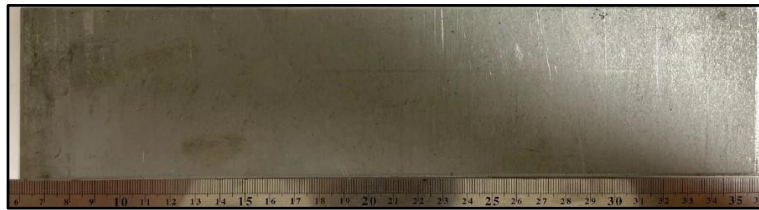
oluşturmak için katılışmaktadır. Ark ile üretilen toplam enerjinin %85'i ısıya ve %15'i ışık enerjisine dönüşmektedir[3].

Kaynağın mekanik özellikleri kaynağın yapısına bağlıdır[9]. Metallerin kaynak işlemine tabi tutulduğu, malzeme mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur[4], [10]. Lin vd.[4] TIG kaynaklı birleşimlerin mikroyapılarını incelemiştir. Sonuçlar, kaynak metali ve ITAB mikroyapılarının esas metalden önemli derecede farklı olduğunu göstermiştir. Bendikene vd. [11] korunmalı metal ark kaynağı (SMAW) ve TIG kaynaklı birleşimlerin farklı kısımlarında S235JR çeliğinin mikroyapısını araştırmış ve kaynaklı birleşimlerin mikroyapısını, kalitesini ve çekme mukavemetini nitel olarak ilişkilendirmiştir. Sonuç olarak, SMAW numunelerinin mikro yapısına karşın ITAB'ın aşırı ısınması veya diğer özelliklerinden kaynaklanan kaynak dikişinin önemli bir kusur göstermediği, kaynak dikişinin aşırı ısınması ve zayıflamasının yapının iç gerilmelerine ve kaynak dikişinin zayıflamasına neden olabileceği gözlemlenmiştir. Bu durumun mikro sertlik artışına dair açık işaretler gösterdiği sonucuna varılmıştır. Singh vd.[12] kaynak parametrelerinin mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Sonuçlar, TIG kaynak tekniğinde kaynak parametrelerindeki (akım, gerilim, hız) değişim ile kaynak proses değişkenlerinin doğrudan etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Mikroyapısal gelişim üzerine yapılan çalışmaların daha iyi anlaşılmasıyla, ortaya çıkan mikroyapı ve malzeme özelliklerinin daha iyi ayarlanabileceği ifade edilmiştir. Zhu vd.[13] belirli koşullar altında CLAM çeliğinin TIG kaynağını gerçekleştirmiştir. Bu doğrultuda kaynak sonrası ısıtma işlemi ardından TIG kaynaklı birleşimler üzerinde mikro sertlik testi, çekme testi, darbe testi ve mikroyapı ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Kaynak metalinin maksimum çekme gerilmesi, ITAB ve esas metalden daha yüksek elde edilmiştir. Ayrıca her numune için kaynak metali mikroyapısında az miktarda delta Ferrit ile temperlenmiş martenzit gözlenmiştir.

Literatürde çelik malzemelerin TIG kaynaklı birleşimleri üzerine çalışmalar mevcuttur. Ancak otomotiv endüstrisinde kullanılan ve kaynak uygulamalarına elverişli olan SPH270-C çeliğinin TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmesi üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada özellikle kaynak parametrelerinden ilerleme hızı üzerine odaklanılmıştır. Farklı ilerleme hızı değerlerinin mikroyapı ve çekme dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çekme deneyleri sonrası oluşan kırılma bölgeleri makro olarak ele alınmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Endüstriden temin edilen SPH270-C çeliği kaynak işlemi için EN ISO 14273 standartlarına göre NTE 2500/4B devirmeli giyotin makas kullanılarak 300x75 mm boyutlarına getirilmiştir (Şekil 1). Çeliğin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. TIG kaynak işlemi için hazırlanan numune

Tablo 1. SPH270-C çeliğinin kimyasal bileşimi (%) ve mekanik özellikleri[1]

| Alaşım Elementi (%) | | | | | | | |
|-----------------------|------|------------------------|-------|------|-----------|-------|-------|
| C | Mn | Si | P | S | Cu | Ni | Fe |
| 0,04 | 0,24 | 0,01 | 0,011 | 0,01 | 0,009 | 0,010 | Kalan |
| Mekanik Özellikler | | | | | | | |
| Akma Mukavemeti (MPa) | | Çekme Mukavemeti (MPa) | | | Uzama (%) | | |
| 165-325 | | ≥270 | | | 39 | | |

Numuneler, 3 farklı ilerleme hızında (diğer kaynak parametreleri sabit), 2 mm kalınlığında krom tel kullanılarak TIG kaynak metodu ile birleştirilmiştir. Kaynak işlemlerinin gerçekleştirildiği Fabricatör ET 410İP marka kaynak makinesi Şekil 2’de gösterilmiştir. Kaynak parametreleri ise Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 2. TIG kaynak cihazı

Tablo 2. TIG kaynak parametreleri

| Numune Kodu | İlerleme Hızı (cm/dk) | Kaynak Akımı (kA) | Gerilim (V) | Kaynak Yüksekliği (mm) |
|-------------|-----------------------|-------------------|-------------|------------------------|
| 1 | 7,48 | 0,08 | 13,5 | 3 |
| 2 | 3,74 | 0,08 | 13,5 | 3 |
| 3 | 2,14 | 0,08 | 13,5 | 3 |

En yüksek çekme dayanım değerinin elde edildiği 1 kodlu numune üzerinde mikroyapı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bakalite alınan numune sırasıyla 120-220-360-600-800-1000-1200-1500-2000 mesh kağıtlar ile zımparalanmıştır. Daha sonra sırasıyla 3 mikron ve 1 mikron çuha ve elmas solüsyonlar vasıtası ile parlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir. %2 nital çözeltisinde 2 sn aralıklarla görüntüler elde edilene kadar dağlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Numunenin esas metal, ITAB ve kaynak metali bölgelerinden Nikon Eclipse LV150 optik mikroskop cihazı kullanılarak görüntüler alınmıştır.

BODOR marka lazer kesme cihazında TS EN ISO 4136 standardına bağlı kalınarak çekme deney numuneleri hazırlanmıştır. Her parametre için üçer adet olmak üzere toplamda 9 adet çekme deney numunesi elde edilmiştir. Sonuçların aritmetik ortalaması alınarak çekme dayanım değerleri belirlenmiştir. Çekme testleri, Shimadzu AG-IC (100 kN) marka çekme-basma cihazında 2 mm/dk çene hızında gerçekleştirilmiştir.

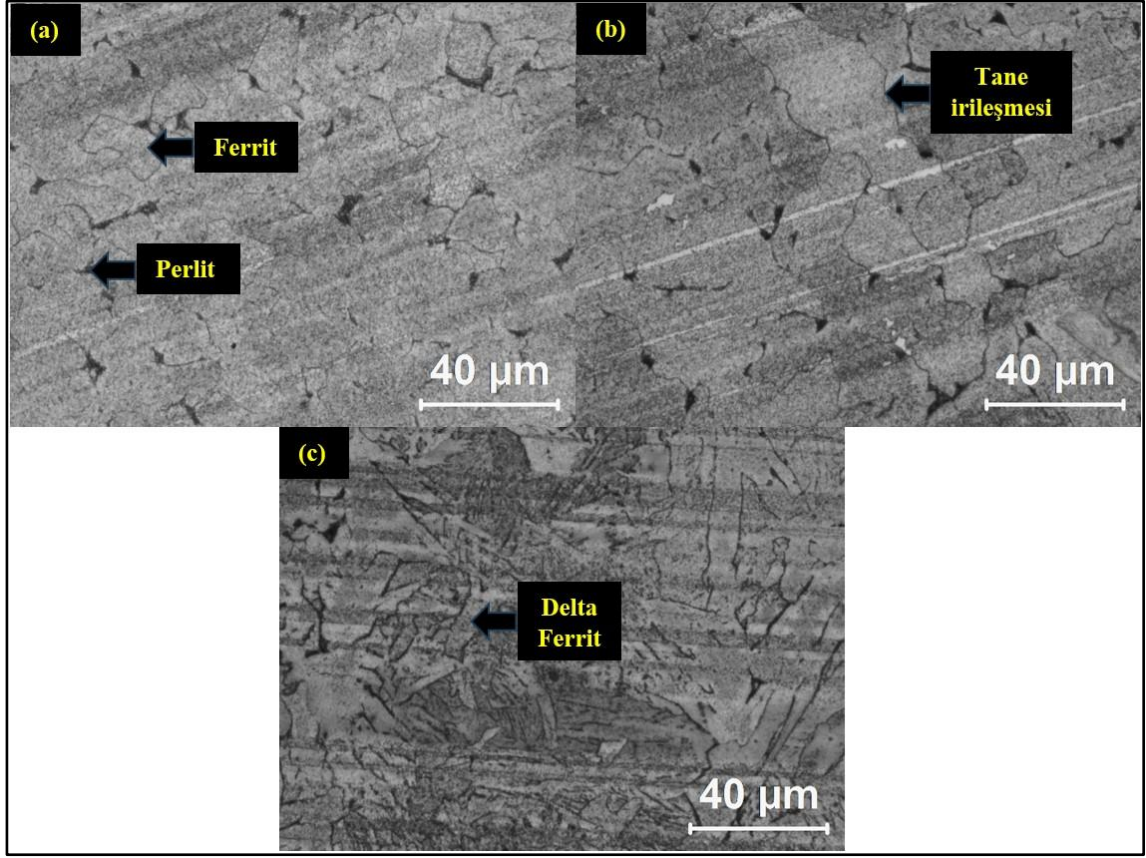
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Mikroyapı

En yüksek çekme dayanım değerinin elde edildiği 1 kodlu numunenin esas metal, ITAB ve kaynak metali bölgelerinden alınan mikroyapı görüntüleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde esas metal mikroyapısında ağırlıklı olarak ferrit fazı ve düşük miktarda perlit fazı gözlenmiştir. ITAB’da yüksek sıcaklık sebebiyle tane irileşmesi meydana gelmiştir. Kaynak metalinde ise hızlı soğuma sebebiyle delta ferrit fazı oluşmuştur.

Hızlı soğumanın delta ferrit fazı oluşumuna sebep olduğu literatürde bildirilmiştir[3]. Bu tür yapılar çatlakların oluşumunu ve yayılımını zorlaştırdığı için iyi kopma tokluğuna katkıda bulunmaktadır[14]. Tanecikler arasındaki tam tutarsızlık nedeniyle, ferrit yapı tanecikler içinde tek bir yönde büyümekte ve bu durum kaynak metalinde iğnemsî bir yapı oluşmasına sebep olmaktadır. Delta ferrit fazının yapıda

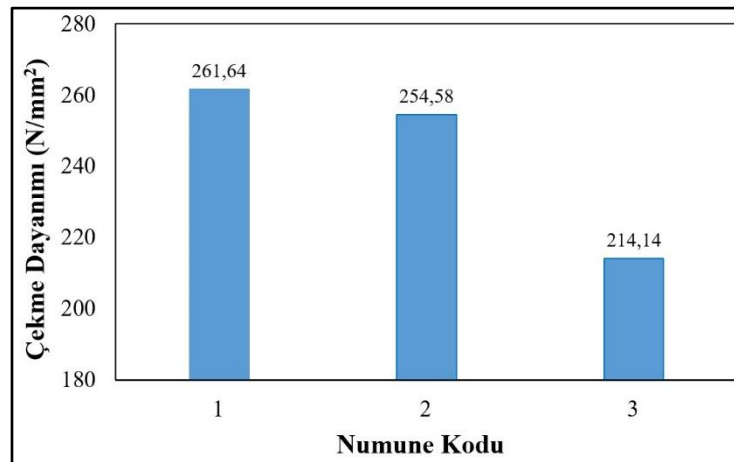
bulunması sertliğinden dolayı, malzemenin akma ve çekme dayanımının artmasına sebep olmaktadır. Yaklaşık %2-9 oranında delta Ferrit bulunması, çatlak oluşum eğilimini engellerken kompozit etkisiyle toklukta azalmaya sebep olmadan dayanım artışına katkıda bulunmaktadır [3].



Şekil 3. 1 kodlu numunenin farklı kaynak bölgelerine ait mikroyapı görüntüleri a) Esas metal, b) ITAB, c) Kaynak metali

B. Çekme Dayanımı

Farklı ilerleme hızlarında TIG kaynak yöntemiyle elde edilen SPH270-C birleşimlerine ait çekme deney sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. Her bir ilerleme hızı için hazırlanan 3 adet numune çekme deneyine tabi tutulmuş ve sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır.

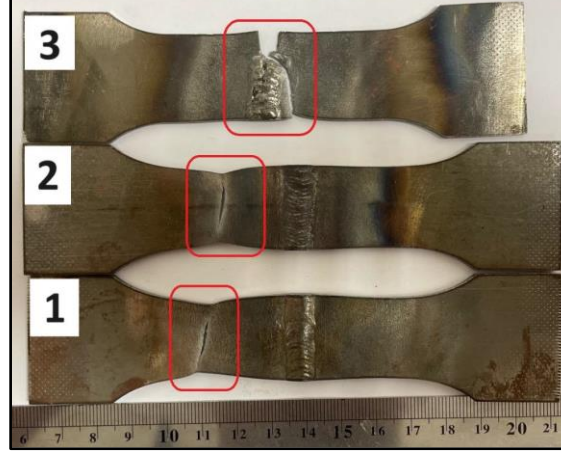


Şekil 4. Farklı ilerleme hızlarında elde edilen kaynaklı birleşimlerin çekme dayanım değerleri

Şekil 4 değerlendirildiğinde ilerleme hızı arttıkça çekme dayanımı değeri artmıştır. İlerleme hızı değeri 2,14 cm/dk'dan 3,74 cm/dk'ya arttığında çekme dayanımı değeri 40,44 N/mm² artış gösterirken, 3,74 cm/dk'dan 7,48 cm/dk'ya arttığında çekme dayanım değeri 7,06 N/mm² artmıştır. 2 kodlu numunede 3 kodlu numuneye göre çekme dayanımında yaklaşık %19 artış meydana gelirken, 1 kodlu numunede 2

kodlu numunenin çekme dayanım değerine göre yaklaşık %3 artış gözlenmiştir. Bu bağlamda ilerleme hızındaki artışa bağlı olarak çekme dayanımı 2 ve 3 kodlu numuneler arasında daha yüksek oranda değişim gösterirken bu durum 1 ve 2 kodlu numuneler arasında daha düşük oranda gerçekleşmiştir. İlerleme hızındaki artışa bağlı çekme dayanımı artışı azalan bir eğilim göstermiştir.

Çekme deneyleri sonrasında numunelerin kopma bölgeleri de makro olarak incelenmiştir (Şekil 5). Şekil 5 incelendiğinde 1 ve 2 kodlu numunelerde kopmalar esas metalde meydana gelirken, kaliteli birleşimin elde edilemediği 3 kodlu numunede kaynak metalinde gerçekleşmiştir.



Şekil 5. Çekme deneyi sonrası kırık yüzey makro görüntüleri

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada 3 farklı ilerleme hızında (diğer kaynak parametreleri sabit tutularak) SPH270-C çeliği TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Farklı ilerleme hızı değerinin kaynaklı bağlantının mikroyapı ve çekme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

1. TIG kaynak işlemi sonrasında mikroyapı esas metal, ITAB ve kaynak metal olmak üzere 3 farklı bölgeden meydana gelmiştir.
2. Esas metal mikroyapısı ağırlıklı olarak Ferrit ve düşük miktarda perlit fazından oluşurken, ITAB'da yüksek sıcaklık sebebiyle tane irileşmesi, kaynak metalinde ise ağırlıklı olarak delta Ferrit fazı gözlenmiştir.
3. İlerleme hızı arttıkça çekme dayanımı artmıştır. Ancak ilerleme hızındaki artışa bağlı çekme dayanımı artışı azalan bir eğilim göstermiştir.
4. 1 ve 2 kodlu numunelerde kopmalar esas metalde meydana gelirken 3 kodlu numunede kaynak metalinde gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Ç. Ertürk, ve M. Elitaş, "MAG gazaltı kaynağı ile birleştirilen otomotiv çeliklerinin (SPH270-C/SPH440-OD) çekme özelliklerinin ve kaynak dikişinin incelenmesi," in *2nd International Conference on Scientific and Innovative Studies*, 2024, pp. 398-402.
- [2] W. Guo, S. Dong, J. A. Francis, and L. Li, "Microstructure and mechanical characteristics of a laser welded joint in SA508 nuclear pressure vessel steel," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 625, pp. 65–80, 2015.
- [3] G. İrsel, "Study of the microstructure and mechanical property relationships of shielded metal arc and TIG welded S235JR steel joints," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 830, pp. 142320, 2022.
- [4] H. Lin, L. Ying, L. Jun, and L. Binghong, "Microstructure and mechanical properties for TIG welding joint of high boron Fe-Ti-B alloy," *Rare Metal Materials and Engineering*, vol. 43, no. 2, pp. 283–286, 2014.
- [5] S. Cui, Y. Shi, K. Sun, and S. Gu, "Microstructure evolution and mechanical properties of keyhole deep penetration TIG welds of S32101 duplex stainless steel," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 709, pp. 214–222, 2018.
- [6] D. K. Singh, V. Sharma, R. Basu, and M. Eskandari, "Understanding the effect of weld parameters on the microstructures and mechanical properties in dissimilar steel welds," *Procedia Manufacturing*, vol. 35, pp. 986–991, 2019.
- [7] A. Bansal, M. S. Kumar, I. Shekhar, S. Chauhan, and S. Bhardwaj, "Effect of welding parameter on mechanical properties of TIG welded AA6061," *Materials Today: Proceedings*, vol. 37, pp. 2126–2131, 2021.

- [8] S. P. Shrivastava, S. K. Vaidya, A. K. Khandelwal, and A. K. Vishwakarma, "Investigation of TIG welding parameters to improve strength," *Materials Today: Proceedings*, vol. 26, pp. 1897–1902, 2020.
- [9] M. K. Agrawal and R. P. Singh, "Effect of external magnetic field on impact strength and hardness of weld of shielded metal arc welding process," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, pp. 3638–3641, 2021.
- [10] A. Ramazani, K. Mukherjee, A. Abdurakhmanov, U. Prah, M. Schleser, U. Reisgen, and W. Bleck, "Micro–macro-characterisation and modelling of mechanical properties of gas metal arc welded (GMAW) DP600 steel," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 589, pp. 1–14, 2014.
- [11] R. Bendikiene, G. Janušas, and D. Žižys, "Comparative analysis of microstructure and quality of gas metal arc welded and shielded metal arc welded joints," *Mechanics*, vol. 21, no. 4, pp. 323–328, 2015.
- [12] R. Singh, A. Singh, P. K. Singh, and D. K. Mahajan, "Effect of microstructural features on short fatigue crack growth behaviour in SA508 Grade 3 Class I low alloy steel," *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, vol. 185, pp. 104136, 2020.
- [13] Q. Zhu, Y. Lei, X. Chen, W. Ren, X. Ju, and Y. Ye, "Microstructure and mechanical properties in TIG welding of CLAM steel," *Fusion Engineering and Design*, vol. 86, no. 4–5, pp. 407–411, 2011.
- [14] V. Vishwakarma and S. Uthaman, "Environmental impact of sustainable green concrete," in *Smart Nanoconcretes and Cement-Based Materials*, Elsevier, 2020, pp. 241–255.