



Kompozit Malzemeler

Seramik Matrisli

Kompozitler

agenc@bartin.edu.tr
azizgenc@gmail.com

Seramik Matrisli Kompozitler

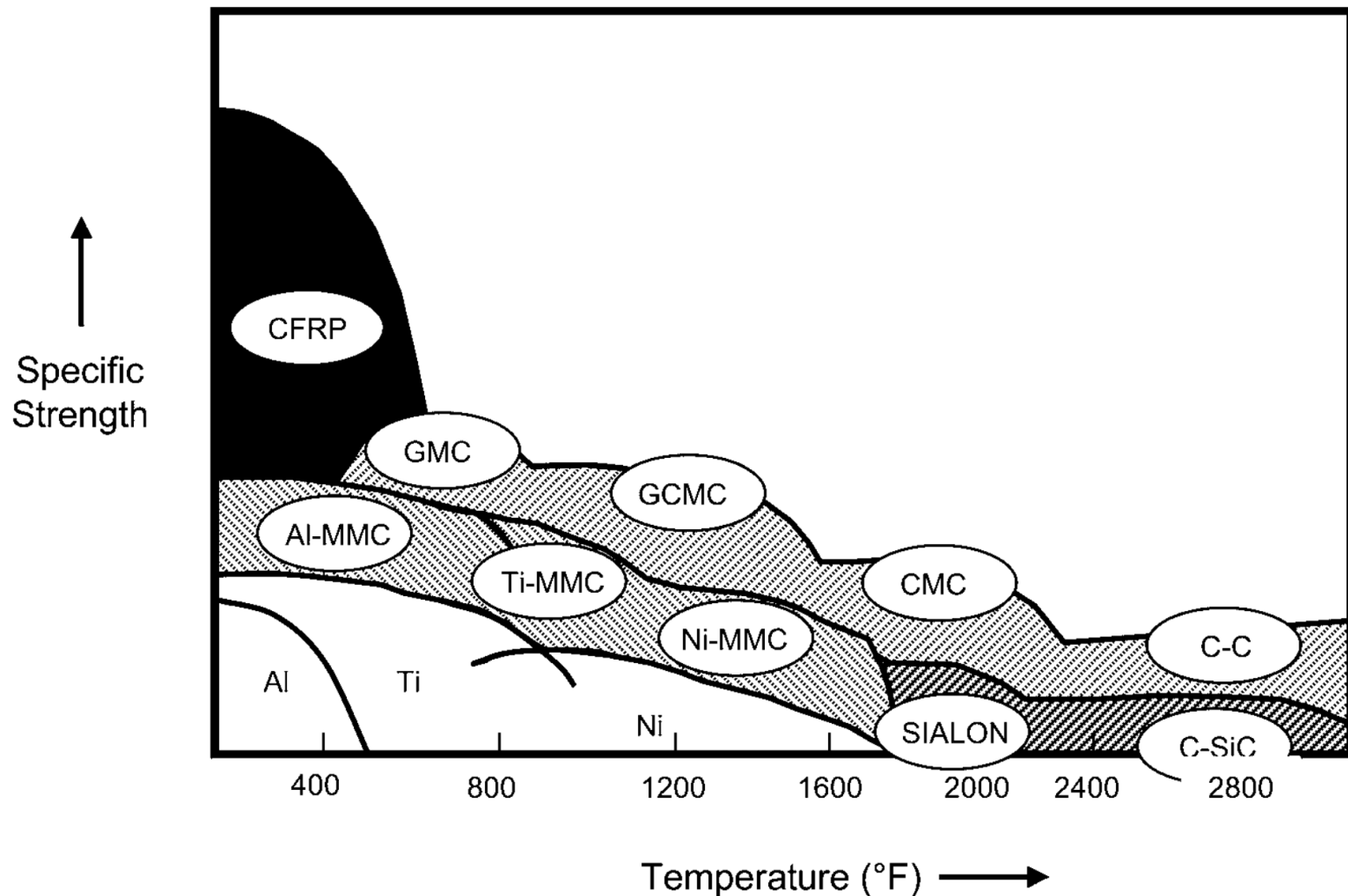


Fig. 21.1 Relative material temperature limits. Carbon-carbon (C-C), carbon fiber reinforced plastic (CFRP), ceramic matrix composite (CMC), carbon-silicon carbide (C-SiC), glass-ceramic matrix composite (GCMC), metal matrix composite (MMC), silicon-aluminum-oxygen-nitrogen (SIALON)

Seramik Matrisli Kompozitler

Polymer and Metal Matrix Composites

Ceramic Matrix Composites

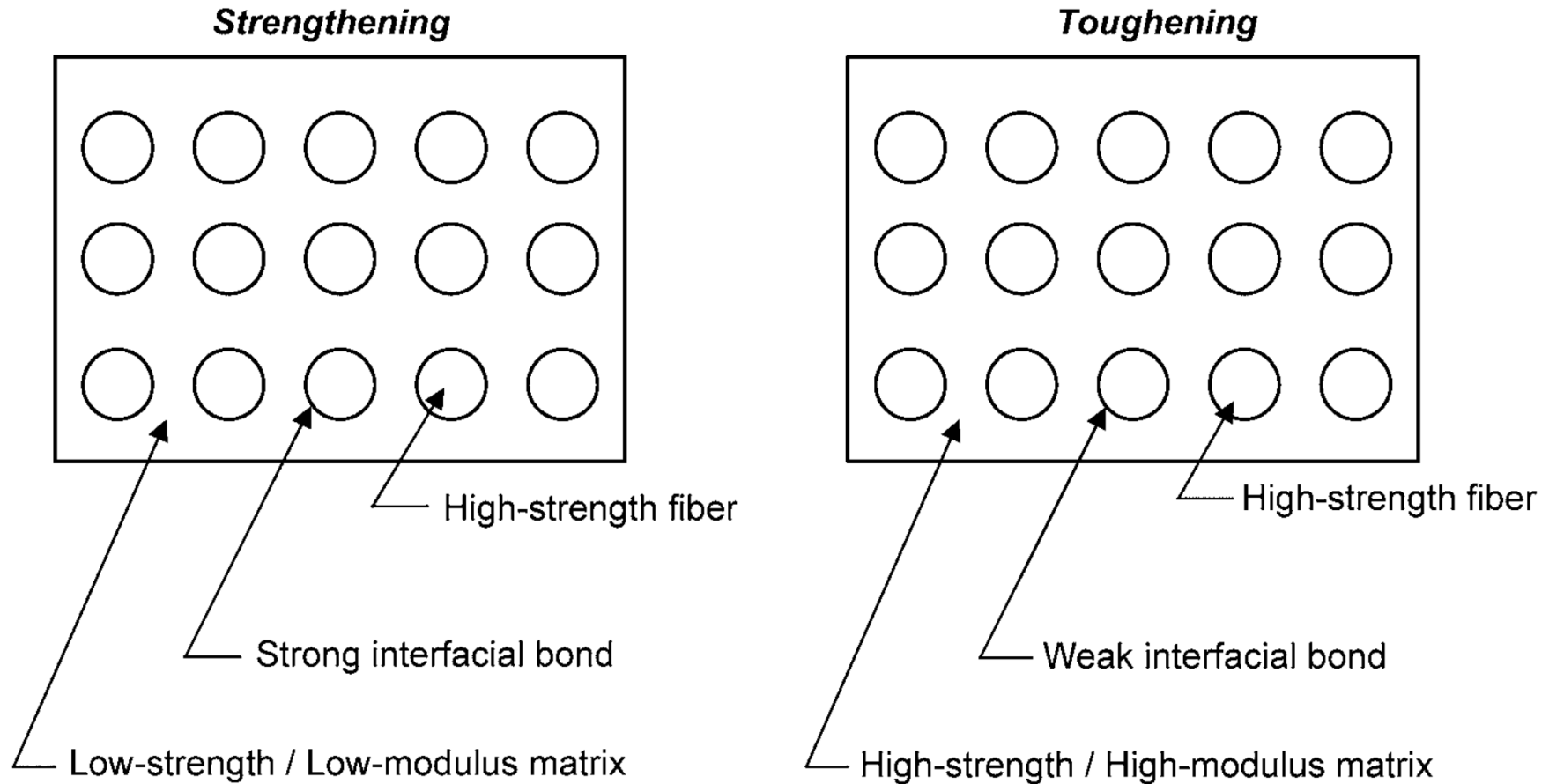


Fig. 21.2 Comparison of polymer and metal with ceramic matrix composites

Seramik Matrisli Kompozitler

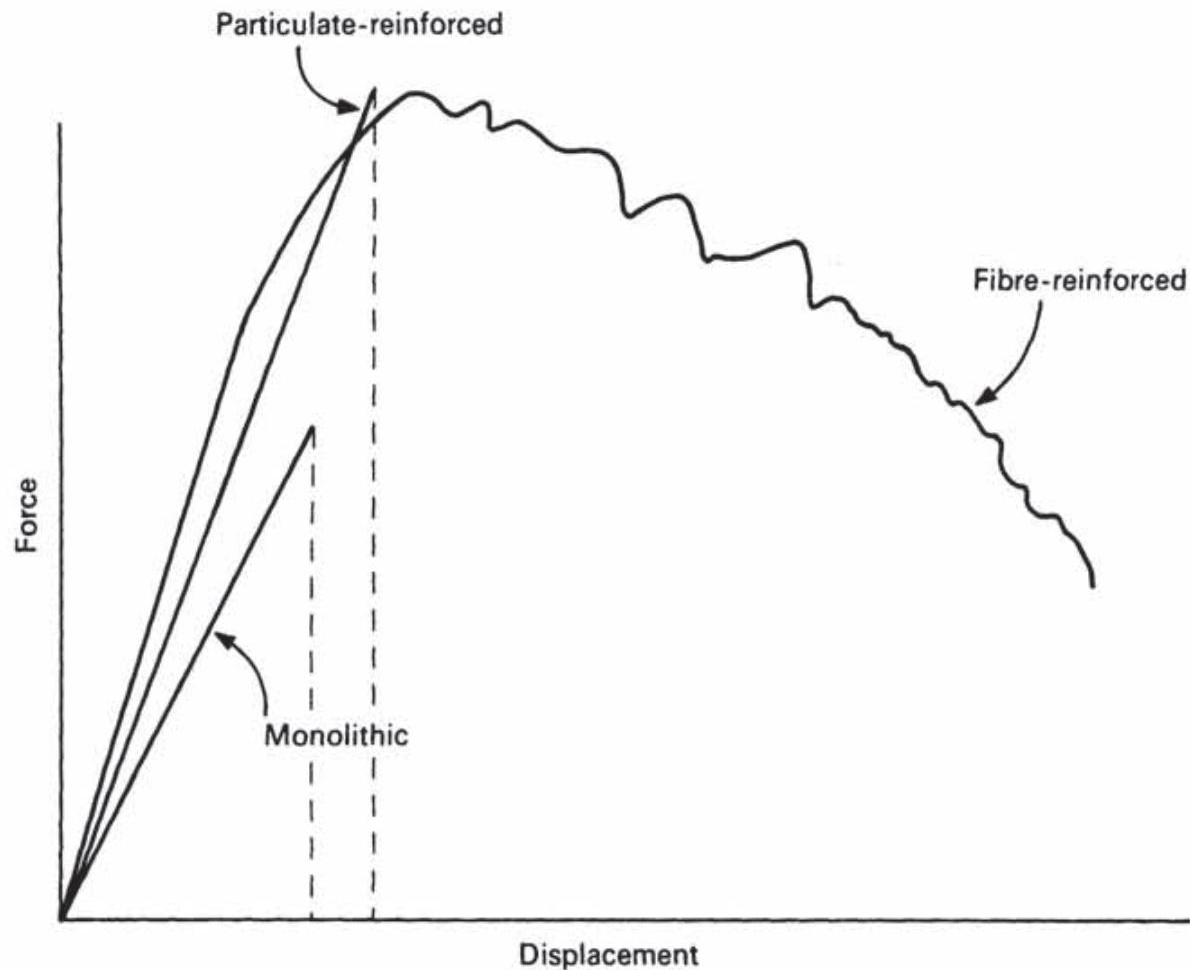


Figure 4.1 Schematic force–displacement curves for a monolithic ceramic and CMCs illustrating the greater energy of fracture of the CMCs.

Seramik Matrisli Kompozitler

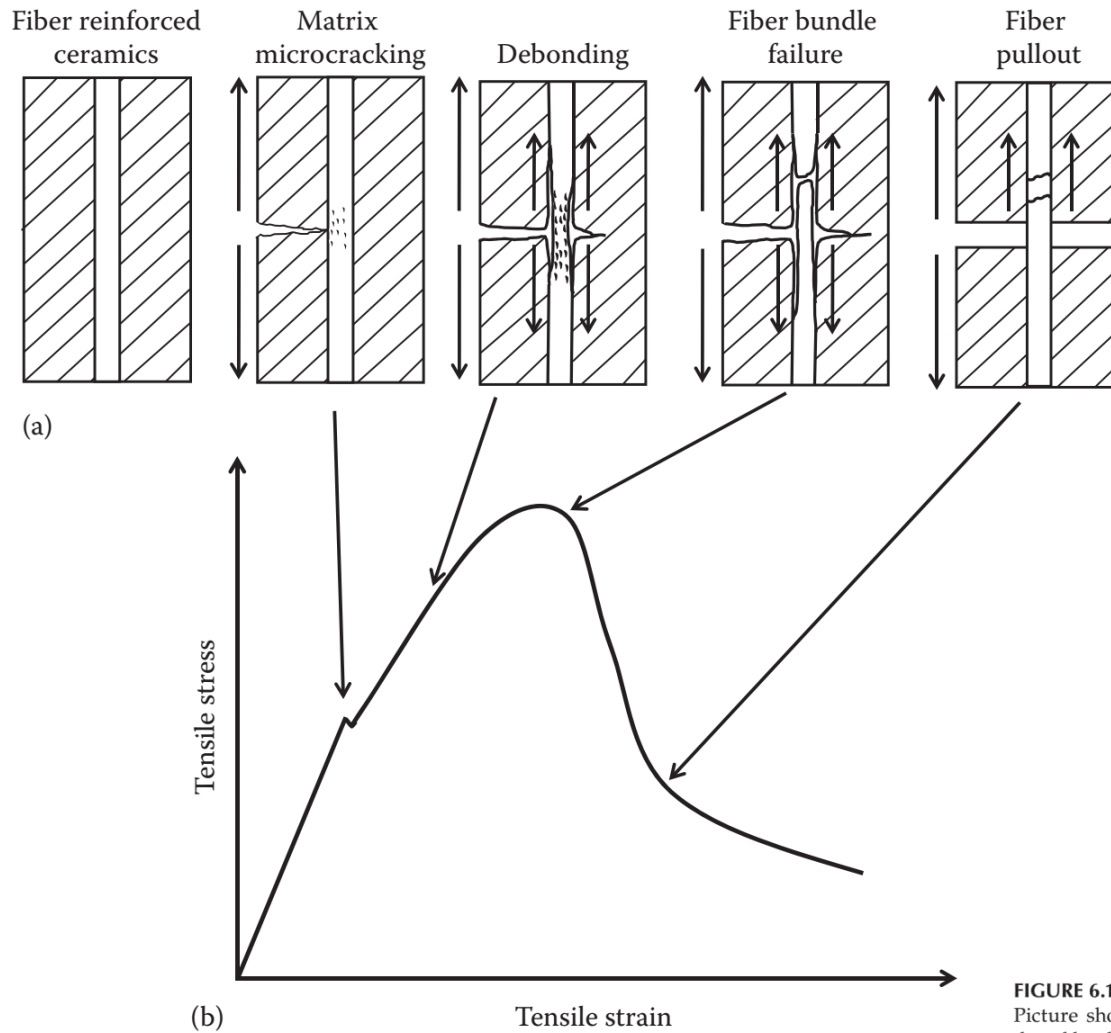


FIGURE 6.2

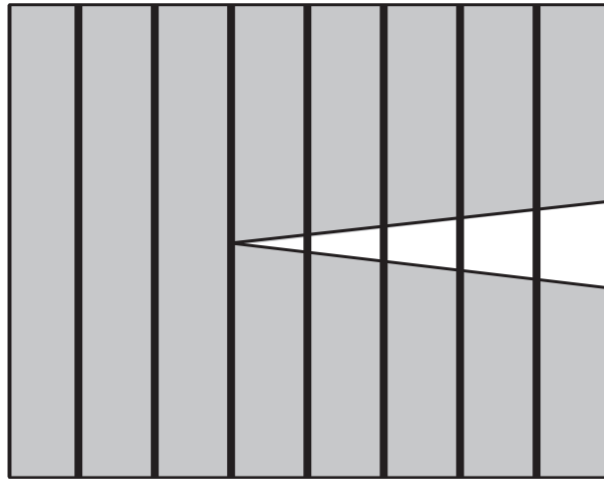
The progression of a crack in a fiber-reinforced CMC (a) and the tensile stress-strain curve (b) of a continuous fiber-reinforced composite in the longitudinal direction. (Reprinted from Evans, A.G., *Mater. Sci. Eng.*, 71, 3, 1985. With permission; From Harris, B., *Metal Sci.*, 14, 351, 1980. With permission.)



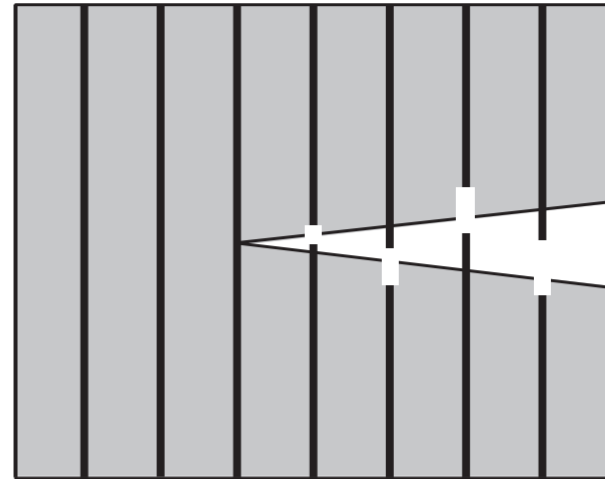
FIGURE 6.1

Picture showing the improved toughness of ceramic composites. (SiC_f/SiC composite produced by the CVI process. Photo courtesy of A. Udayakumar, NAL, Bangalore, India.)

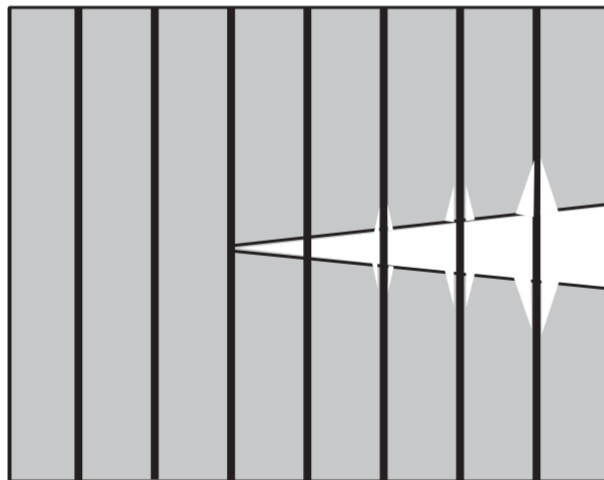
SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları



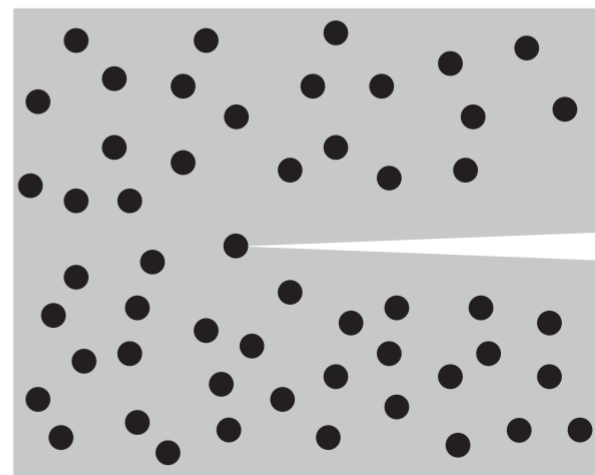
Crack bridging



Fiber pullout



Debonding and crack deflection



Crack pinning

FIGURE 6.3

Schematic of some toughening mechanisms operating in CMCs.

SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Yük Transferi

Sürekli fiber takviyeli kompozitlerde, tıpkı metal ve polimer matrisli kompozitlerde olduğu gibi, matris hasara uğradıktan sonra yük fiber tarafından taşınır ve tokluk artışı sağlanır.

Matrise basma gerilmesi uygulanması

Eğer fiberlerin termal genleşme katsayıları matrisinkinden büyükse, yüksek sıcaklıklarda bu termal genleşme farkı matris üzerinde basma gerilmesi uygulayarak tokluk artışına katkı sunar.

Sünek fiberlerle toklaşma

Seramik matris içerisine matristen daha sünek fiberler ilave edilerek hazırlanan kompozitlerde geçerlidir. Bu kompozitlerde, çatlak enerjisi sünek fiberlere aktarılırken, sünek fiberlerde meydana gelen plastik deformasyon ile çatlak ilerlemesi engellenir.

SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Köprü oluşumu

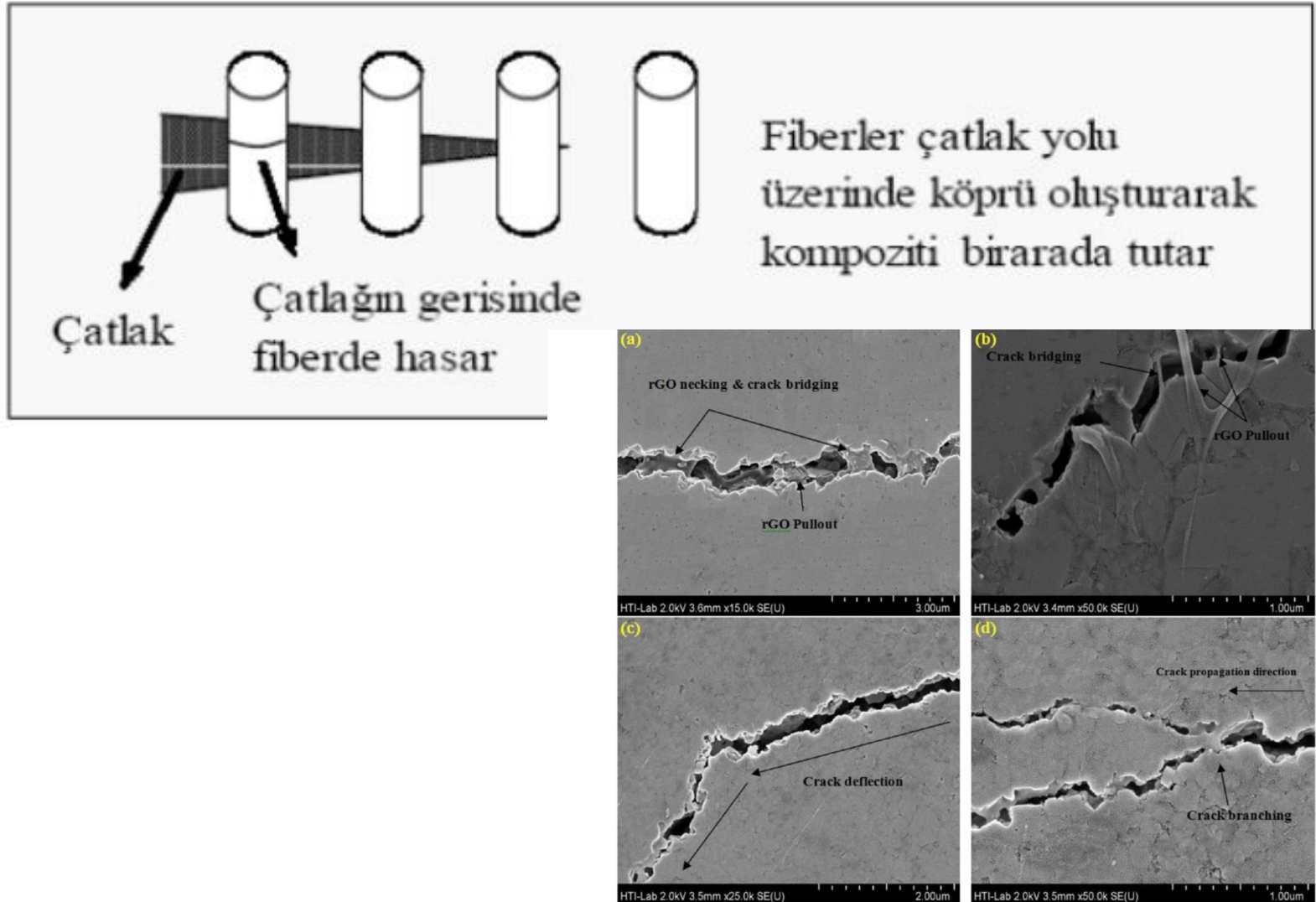


Figure 8. Toughening mechanisms in CS-rGO cc [dx.doi.org/10.1021/am500845x](https://doi.org/10.1021/am500845x) | ACS Appl. Mater. Interfaces 2014, 6, 3947–3962 rack

SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Fiber Sıyrılması

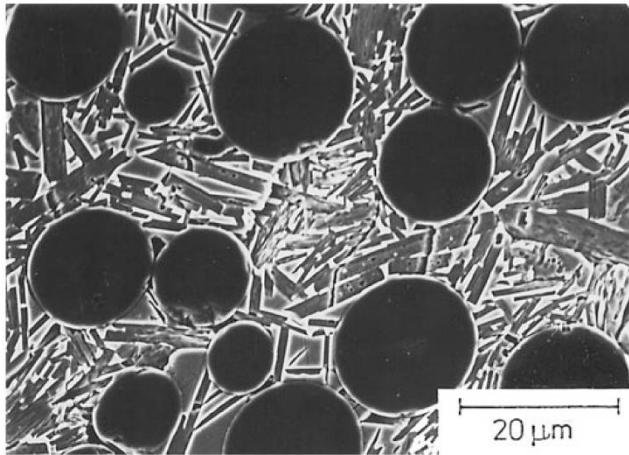


Fig. 7.17 Scanning electron micrograph of a hot-pressed Nicalon fiber/Ba-Si-Al-O-N glass-ceramic matrix composite [from Herron and Risbud (1986), used with permission]

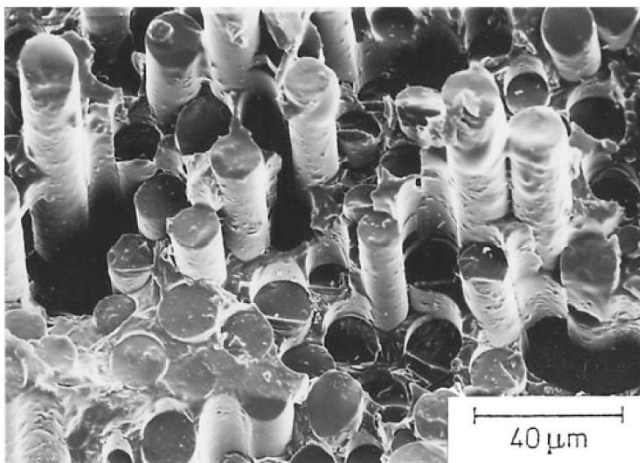
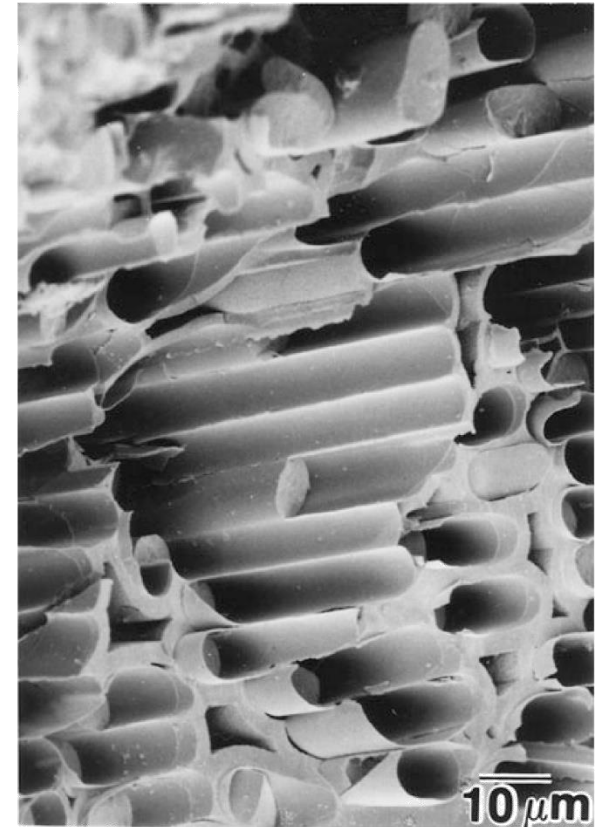


Fig. 7.18 Fracture surface of Nicalon/Ba-Si-Al-O-N glass-ceramic matrix composite showing fiber pullout [Herron and Risbud (1986), used with permission]

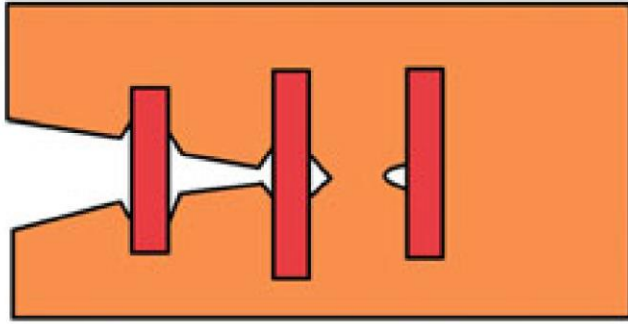
Fig. 7.19 Fiber pullout in a Nicalon/pyrolytic carbon coating/SiC matrix composite. Some broken fibers can be seen inside the cylindrical cavities left by the pulled out fibers (courtesy of N. Chawla)



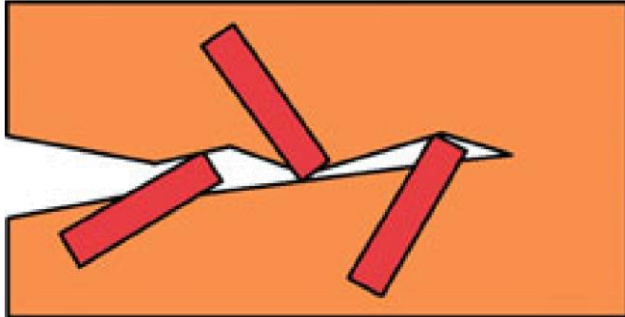
SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Çatlak Saptırma

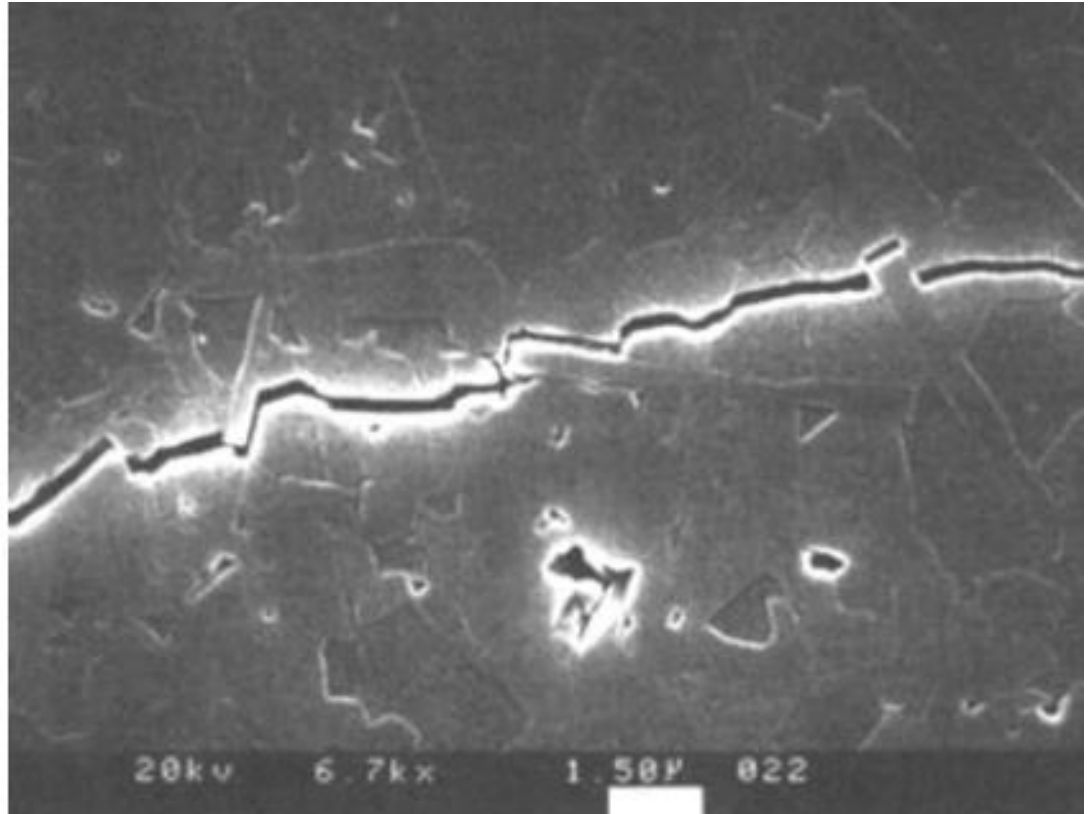
Çatlak matristen daha yüksek mukavemet ve tokluğa sahip takviye elemanları ile karşılaştığında yönünü değiştirir. Çatlak hareketi zorlaştıkça tokluk artar.



Interface Debonding
&
Crack Deflection



Crack Deflection



SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Faz dönüşüm toklaşması

Çatlak ucunda yer alan gerilim yapıda yer alan fazlarda dönüşüme neden olabilmekte, ve bu faz dönüşümü ile hacim artışı meydana geldiğinde çatlağı kapatmaya yönelik bir basınç ortaya çıkmaktadır.

Tetragonal zirkonyanın monoklinik zirkonyaya dönüşümü sırasında %3-5 hacim artışı gerçekleşir.

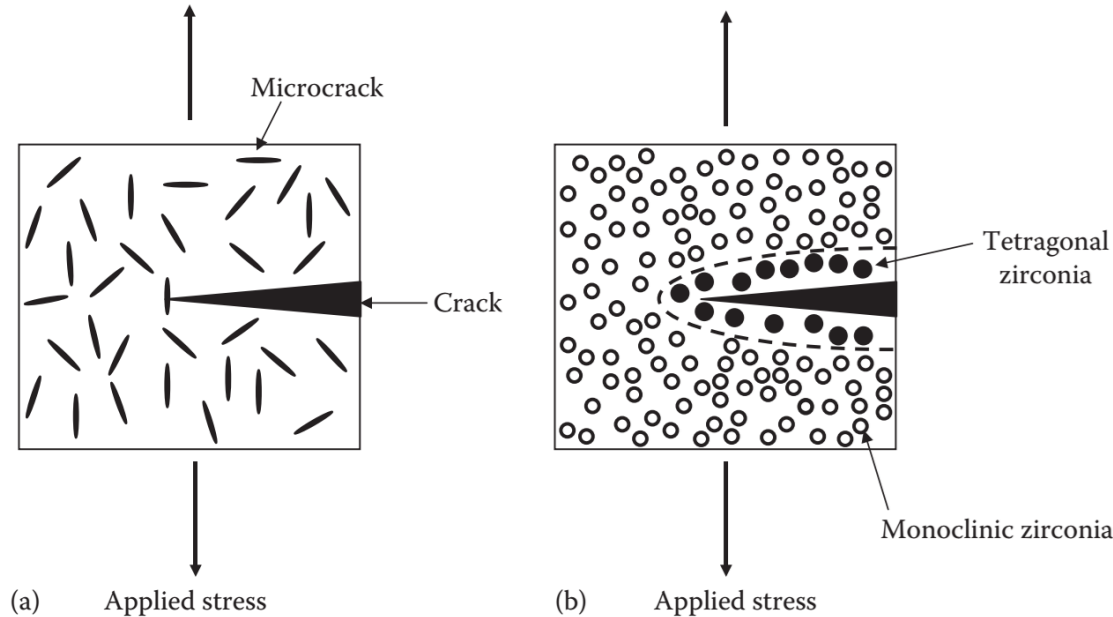


FIGURE 6.4

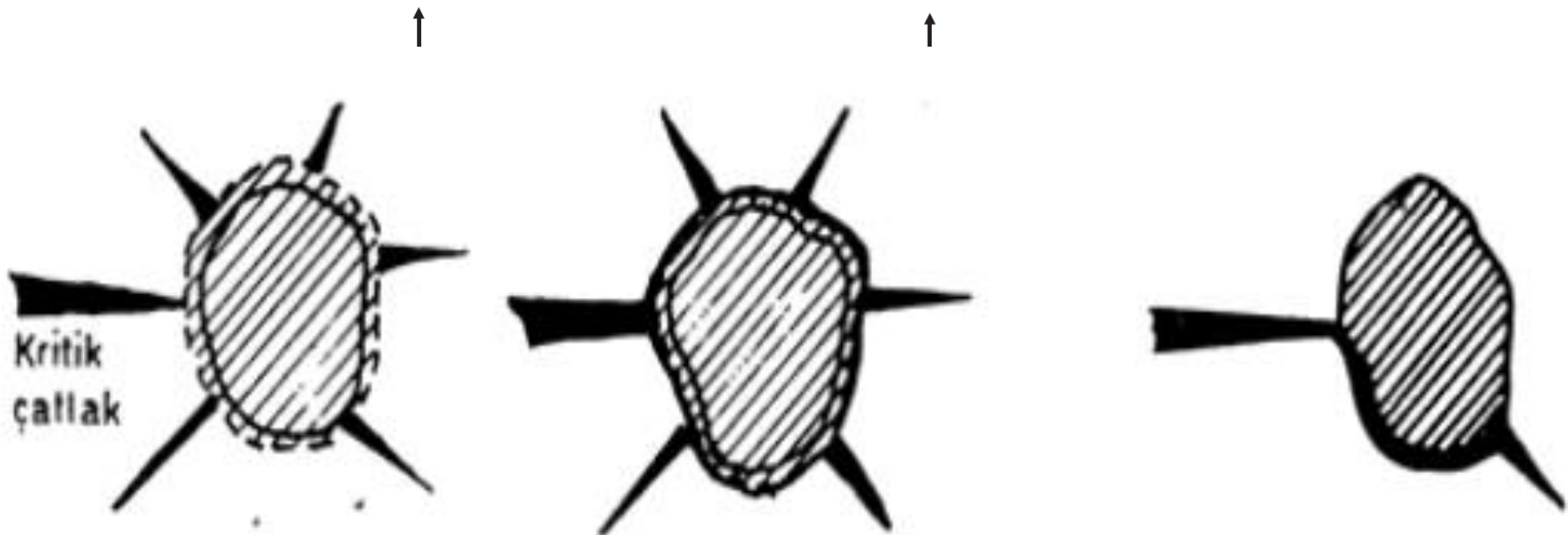
Toughening mechanisms operating in zirconia-toughened ceramics: (a) microcrack toughening and (b) transformation toughening. (Reprinted from Bhaduri, S.B. and Froes, F.H., *J. Metals*, 43(5), 16, 1991. With permission.)

SMK: Tokluk Artış Mekanizmaları

Faz dönüşüm toklaşması

Çatlak ucunda yer alan gerilim yapıda yer alan fazlarda dönüşüme neden olabilmekte, ve bu faz dönüşümü ile hacim artışı meydana geldiğinde çatlağı kapatmaya yönelik bir basınç ortaya çıkmaktadır.

Tetragonal zirkonyanın monoklinik zirkonyaya dönüşümü sırasında %3-5 hacim artışı gerçekleşir.



Şekil 2.2. Tetragonal–monoklinik faz dönüşümü sırasında mikro çatlak oluşumu ve ilerleyen bir çatlağın dallanması veya yön değiştirmesi

SMK: Üretimi

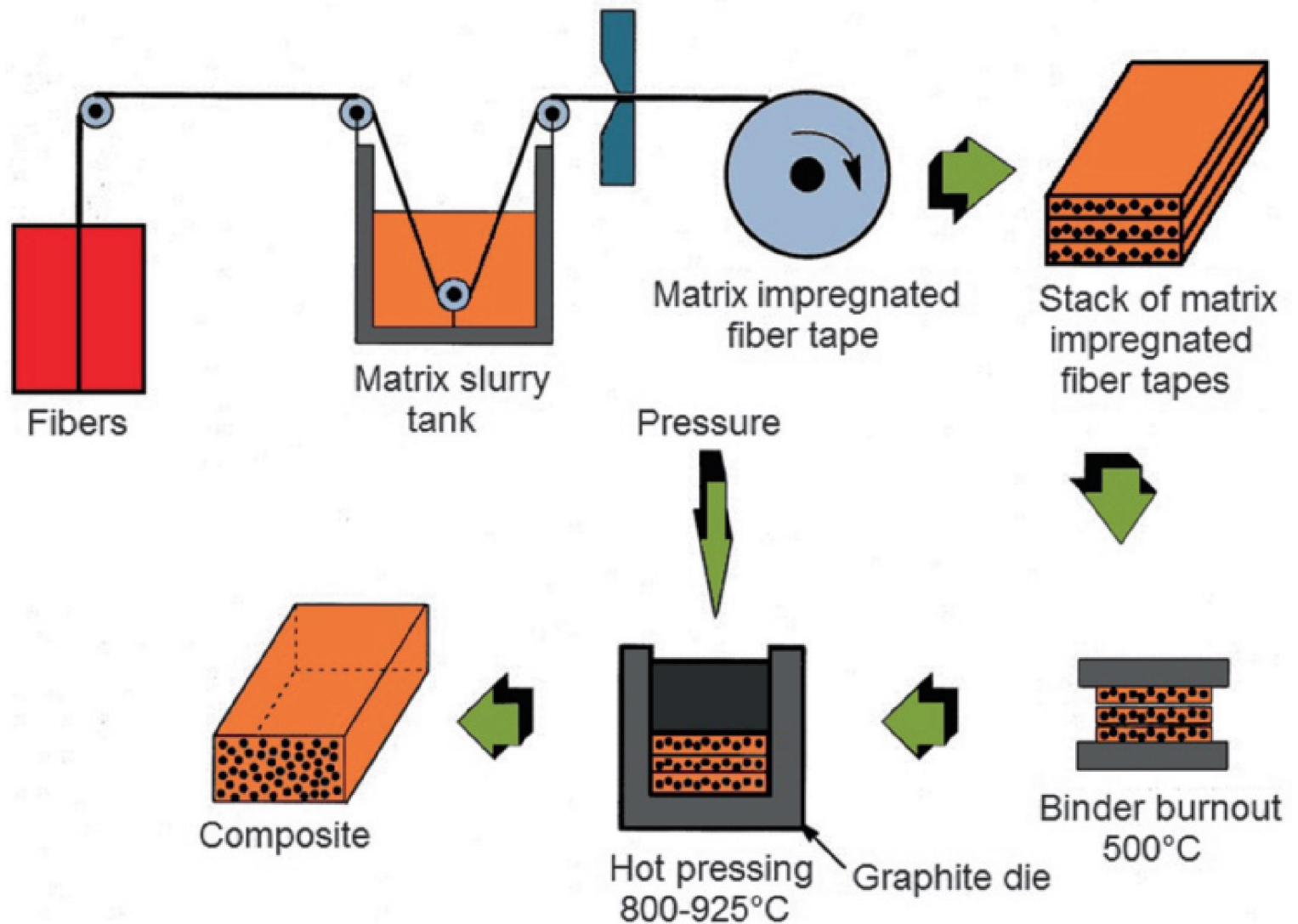
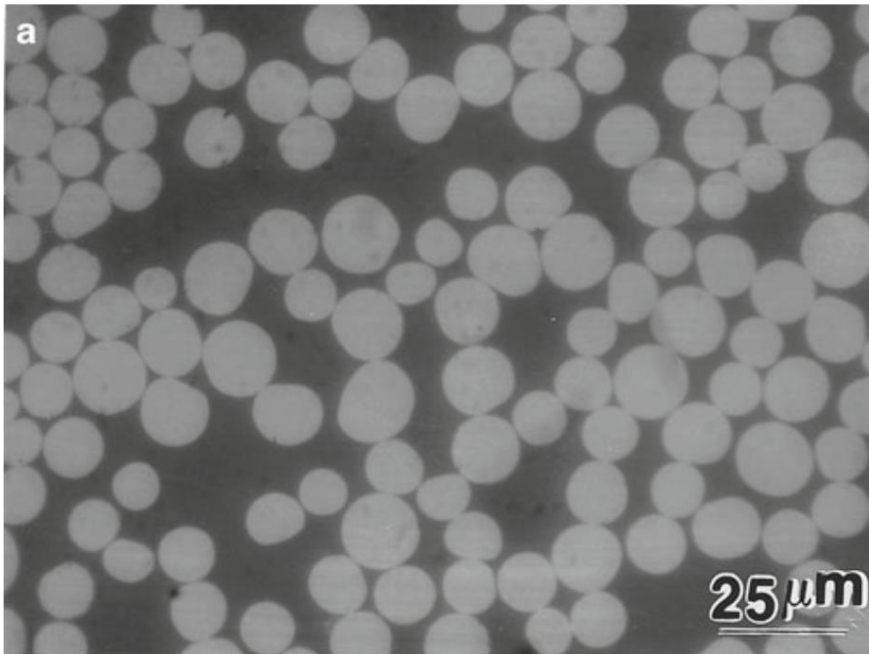
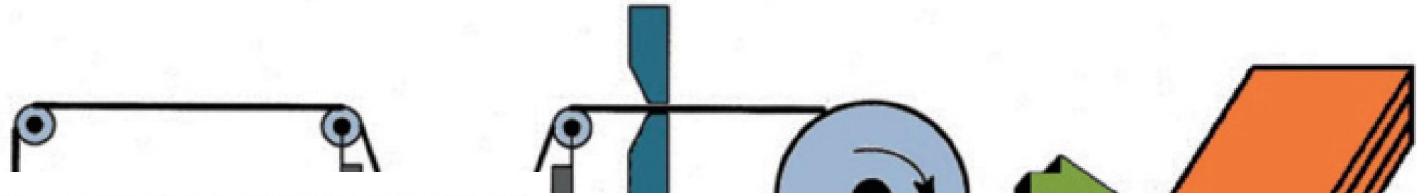


Fig. 7.1 Schematic of the slurry impregnation process

SMK: Üretimi



Composite

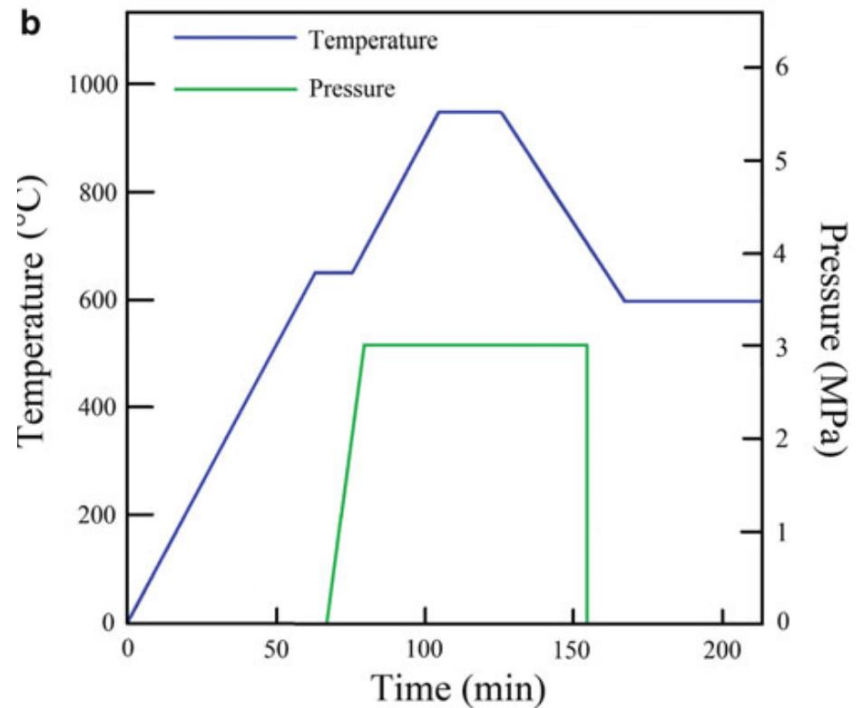


Fig. 7.2 (a) An optical micrograph of a transverse section of a unidirectional Nicalon fiber/glass matrix composite. (b) Pressure and temperature schedule used during hot pressing of a typical composite

Fig. 7.1 Schematic of the slurry impregnation process

SMK: Üretimi

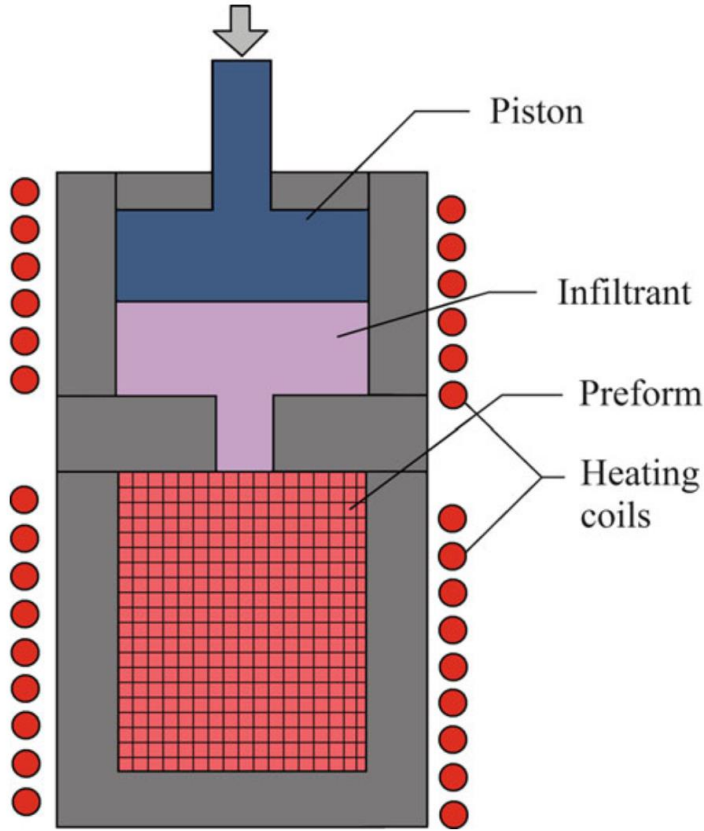


Fig. 7.3 Schematic of the melt infiltration process [after Cornie et al. (1986), permission]

Avantaj: Matris tek bir aşamada üretilir ve homojen bir matris elde edilebilir.

Dezavantajlar:

- Seramiklerin ergime sıcaklıkları çok yüksek olduğu için matris ile takviye elemanı arasında reaksiyon gerçekleşme olasılığı çok yüksektir.
- Ergimiş seramiklerin vizkoziteleri yüksek olduğu için preformları doldurmak zordur.
- Matris ve takviye elemanı arasındaki termal genleşme katsayısı farkları, soğuma sırasında matriste çatlamalara neden olabilmektedir.

SMK: Üretimi

Bazı kompozitler
 $\text{SiC}_p/\text{Al}_2\text{O}_3$
 $\text{SiC}_f/\text{Al}_2\text{O}_3$
 $\text{Al}_2\text{O}_{3f}/\text{Al}_2\text{O}_3$
 $\text{Al}_2\text{TiO}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$
 $\text{ZrB}_{2p}/\text{ZrC}$
 $\text{TiC kaplı grafit}/\text{Al}_2\text{O}_3$

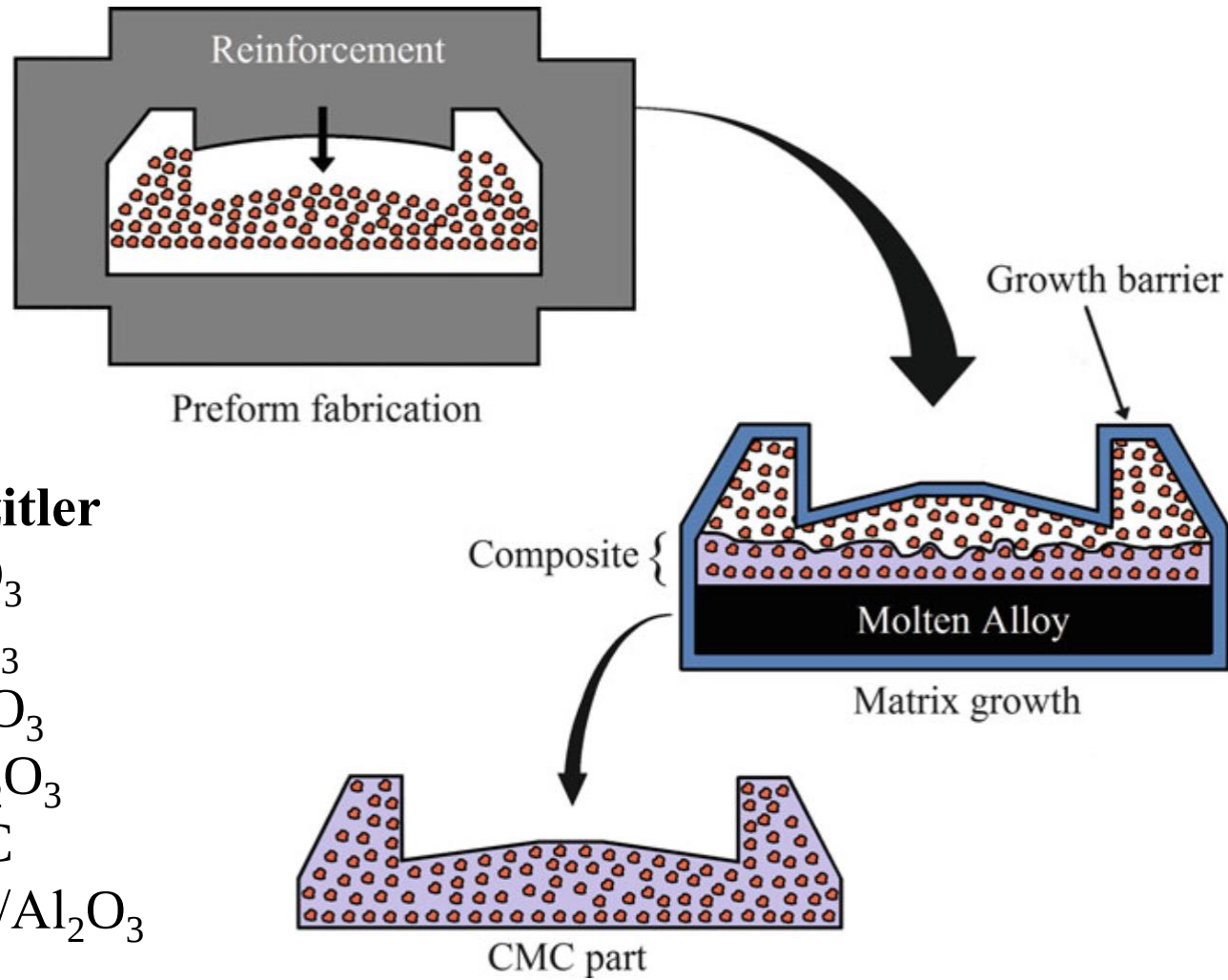


Fig. 7.4 Schematic of the directed metal oxidation process of Lanxide Corp. (Courtesy of Lanxide Corp.)

SMK: Üretimi

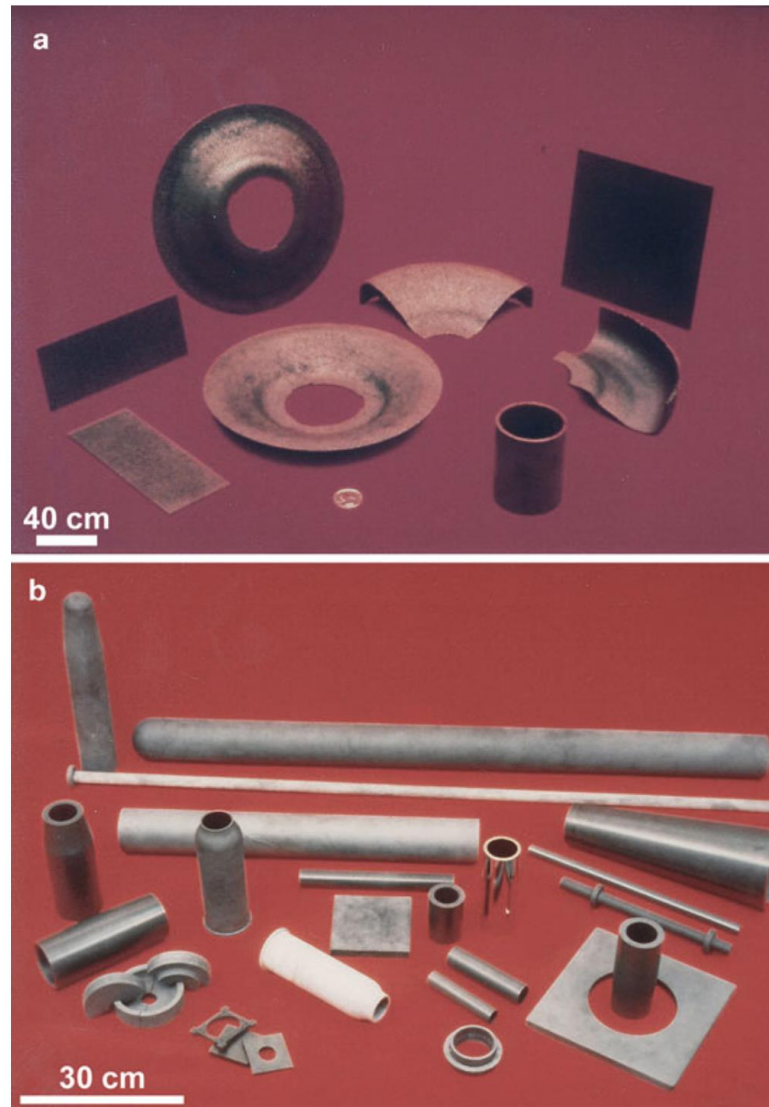


Fig. 7.5 Some fiber reinforced ceramic components made by Dimox process. **(a)** Fiber reinforced ceramic composites for applications in high-temperature gas turbine engine components. **(b)** Heat exchanger and radiant burner tubes, flame tubes, and other high-temperature furnace parts made of particle reinforced ceramic composites. (Courtesy of Lanxide Corp.)

SMK: Üretimi

Bu yöntemle üretilen kompozitler çok fazla çatlak, boşluk ve gözenek içerirler. Piroliz sırasındaki yüksek boyut değişimi/küçülmesi nedeni ile ortaya çıkan çatlaklar polimere mikron altı boyutlu doldurucu parçacıklar (%15-25 oranında) eklenerek engellenebilir.

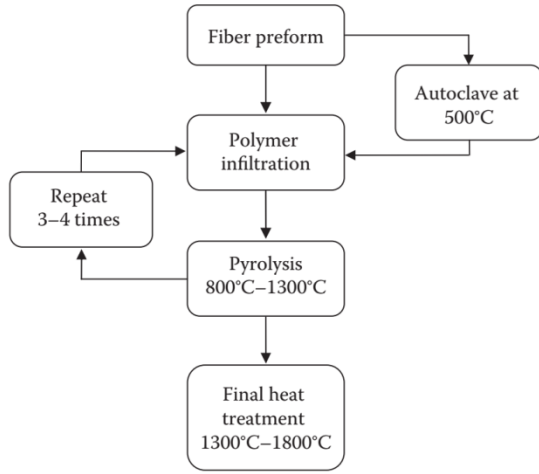


FIGURE 6.18
Flow diagram for the preparation of ceramic composites by polymer infiltration and pyrolysis.

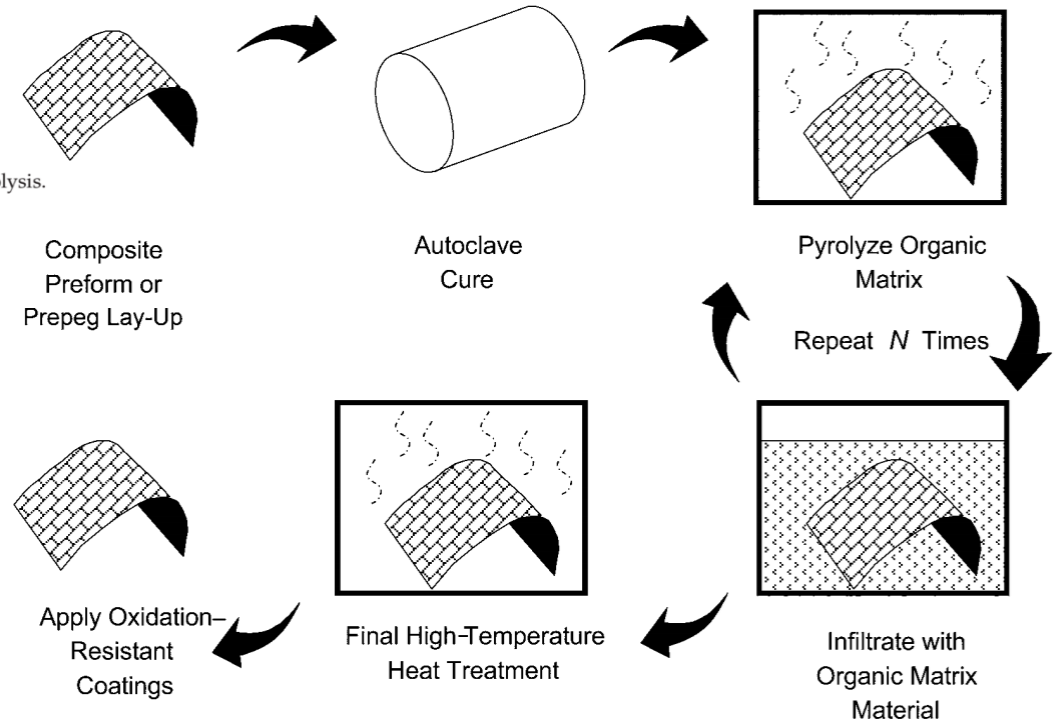


Fig. 21.10 Polymer impregnation and pyrolysis process

SMK: Üretimi

PIP yönteminin bazı avantajları:

- Düşük kalıntı karbon oranları ile yüksek seramik verimliliği
- İnfiltrasyon sırasında vizkozite, solventlerde çözünürlük gibi önemli parametreler üzerinde etkisi olan molekül ağırlığının kontrol edilebilmesi
- Düşük sıcaklıklarda çapraz bağlanma yeteneği ile piroliz sırasında parça şeklinin korunabilmesi.

PIP yönteminin bazı dezavantajları:

- Çatlamalara neden olan yüksek büzülme oranları. Piroliz sırasındaki büzülme ve ağırlık kaybı sonucunda ilk emdirme işlemi sonucu yapıda %20-30 artık porozite olur.
- Artık poroziteyi azaltmak için yapılan tekrar emdirme işlemleri gereklidir. Bu işlemlerde düşük vizkoziteye sahip polimerler kullanılmalı ki, yapıda yer alan mikro gözeneklerden geçerek yapıya nüfuz edebilmeli. Genellikle bu işlem, vakum torbası içerisinde parçayı sıvı polimere daldırarak gerçekleştirilir. Daha yüksek vizkoziteli polimerler için basınç kullanmak gerekmektedir. Bu işlemin 5 kere tekrarlanması ile yapıda yer alan gözenek oranı %10 mertebelerine indirilebilir.

SMK: Üretimi

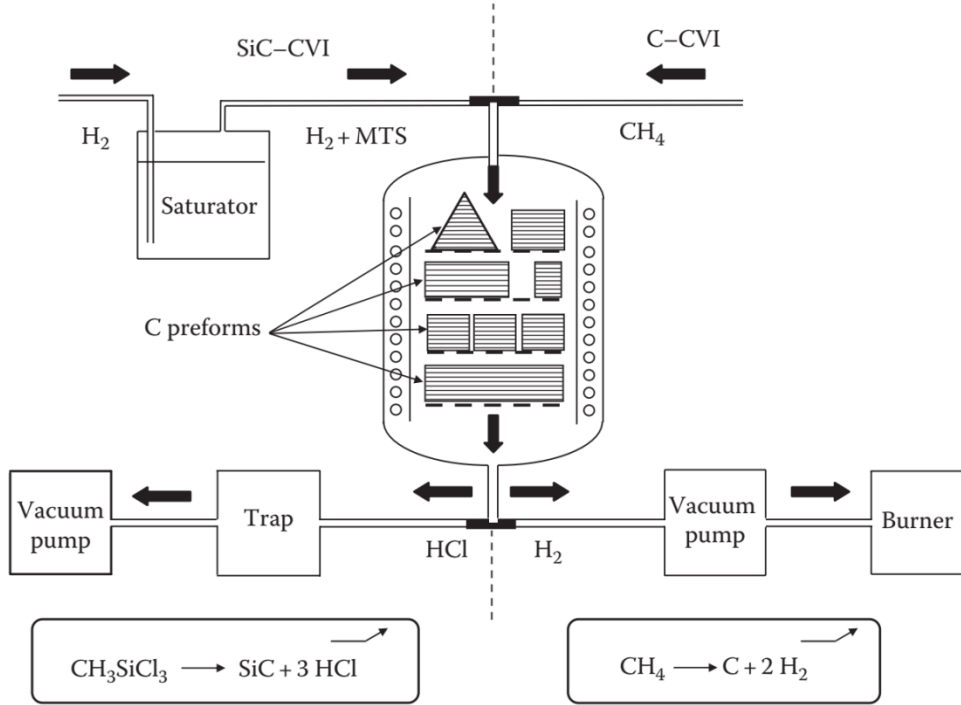


FIGURE 6.19
Schematic of the CVI process. (Reprinted from Naslain, R. and Langlais, F., *Proc. 21st Univ. Conf. Ceram. Sci.*, Plenum, New York, 1986, p. 145. With permission.)

Görece düşük sıcaklıklarda gerçekleşen basınçsız bir proses olduğu için takviye elemanları zarar görmez.

Büyük ve karmaşık şekilli parçalar üretilebilir.

Fiber ve matris malzemesi seçiminde görelî esneklik

Gazların safsızlıkları kontrol edilerek çok yüksek saflıkta ürünler geliştirilebilir.

İyi yüksek sıcaklık dayanımına sahip SMK üretilebilir.

Bu yöntemin temel dezavantajı çok yavaş olması ve kullanılan gazların çok pahalı olmasıdır.

Depozisyon parametreleri kontrol edilerek istenilen mikroyapılarda malzemeler geliştirilir.

SMK: Üretimi

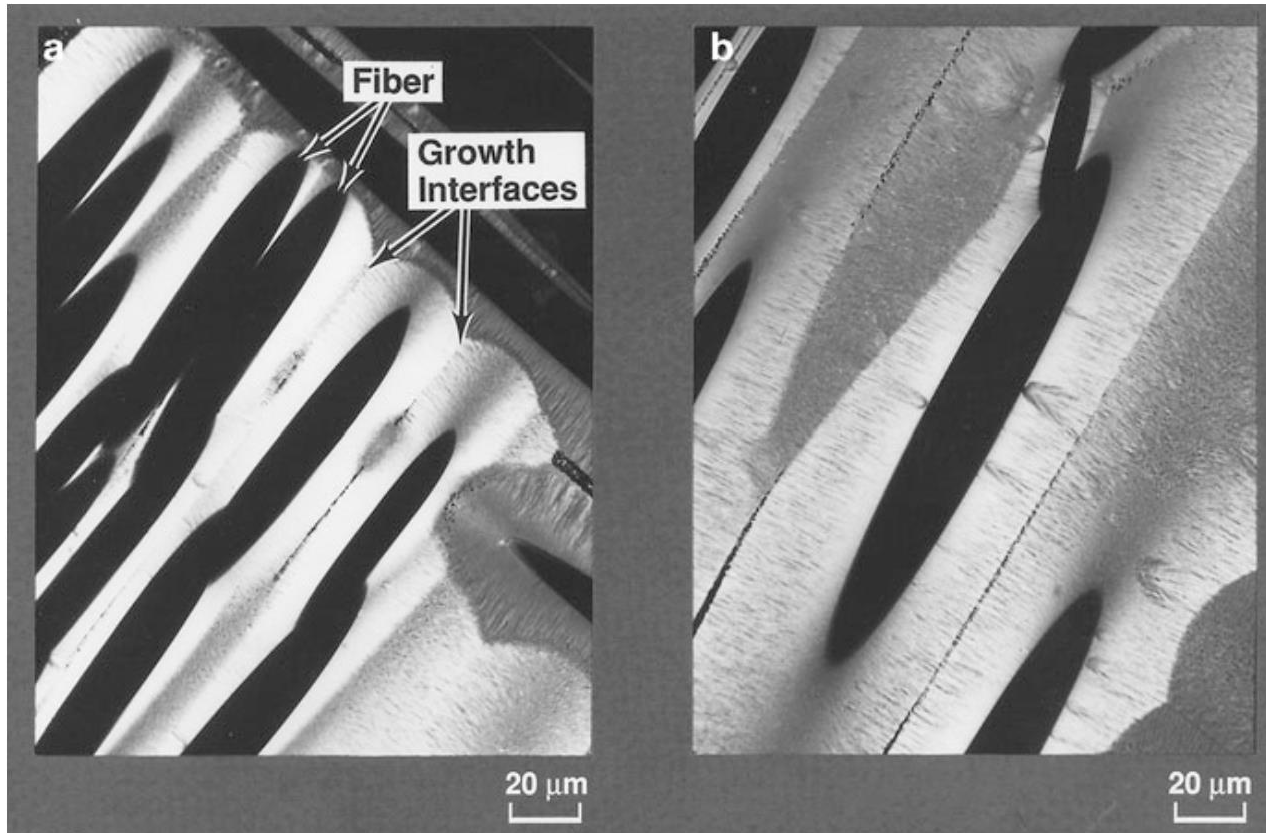


Fig. 7.7 An example of the microstructure of a Nicalon fiber/SiC matrix composite obtained by CVI. (Courtesy of R.H. Jones). Note the growth interfaces within the matrix indicated by *arrows*

SMK: Üretimi

CH 6.5 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z)

TABLE 6.5

Advantages and Disadvantages of CVI and PIP Processes

Process	Advantages	Disadvantages
CVI/CVD	Even, controlled deposition giving a coherent matrix Fiber coatings and matrix built up in single operation Modest reaction temperatures Dopants can be added to the matrix	Long process times (30–150 h) Expensive capital equipment
PIP	Useful in binding fiber performs Cheaper process than CVI Modest process temperatures	Repetitive infiltration and pyrolysis needed to achieve densification Long process times with slow heating rates Considerable shrinkage on pyrolysis, resulting in matrix cracking

Source: Data from Schwartz, M.M., *Composite Materials*, Vol. II, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, p. 230.

SMK: Üretimi

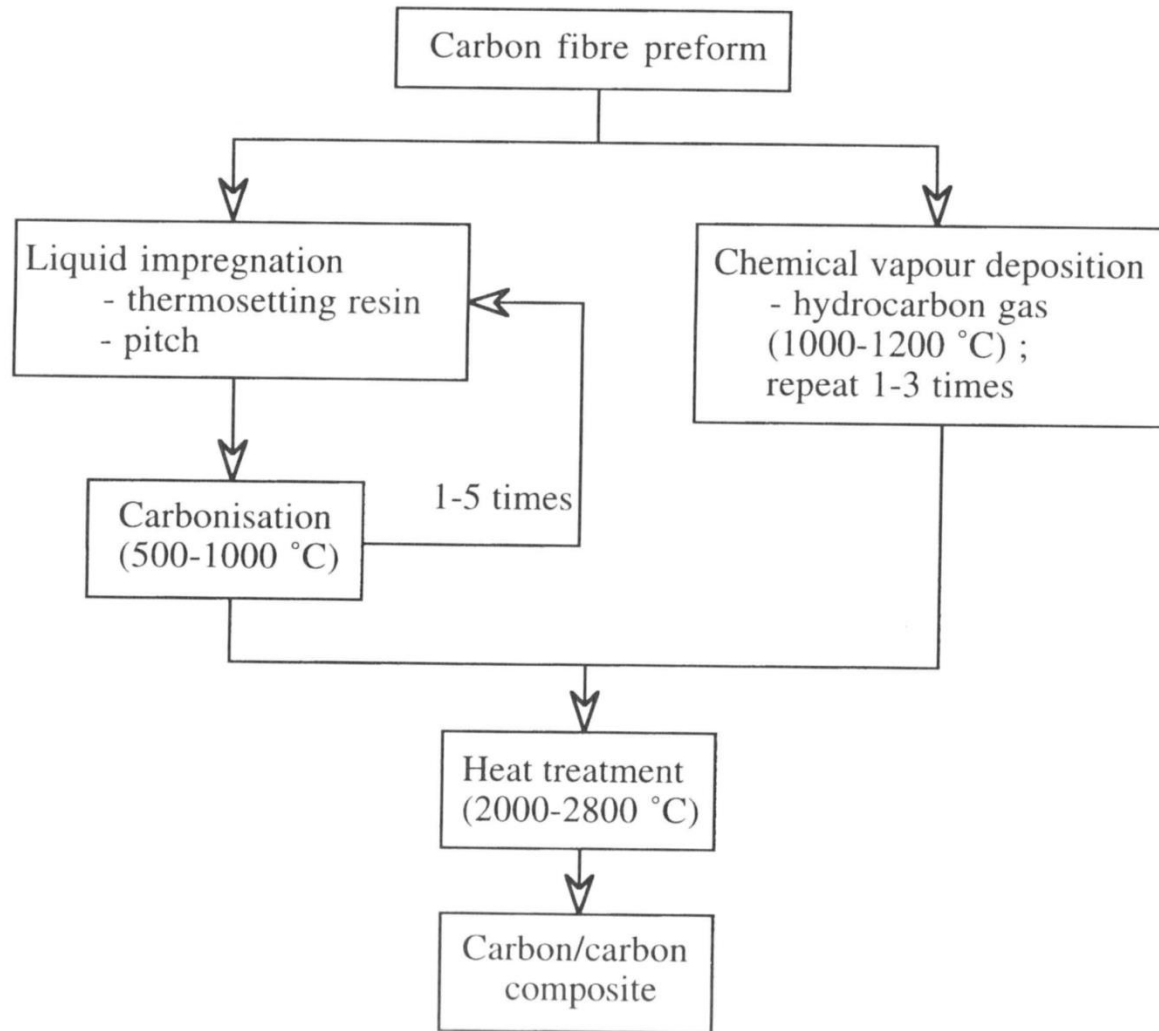


Fig. 11.15 Schematic overview (McAllister 1994) of methods of production of carbon/carbon composites.

SMK: Üretimi

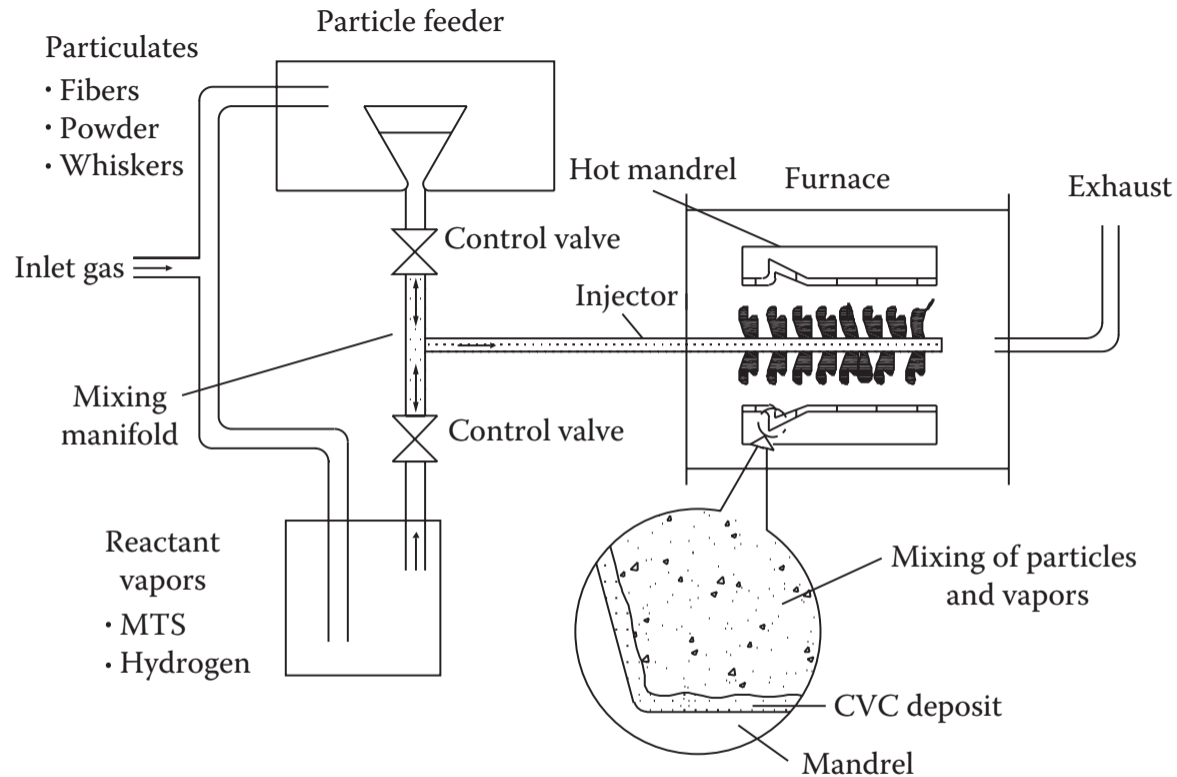
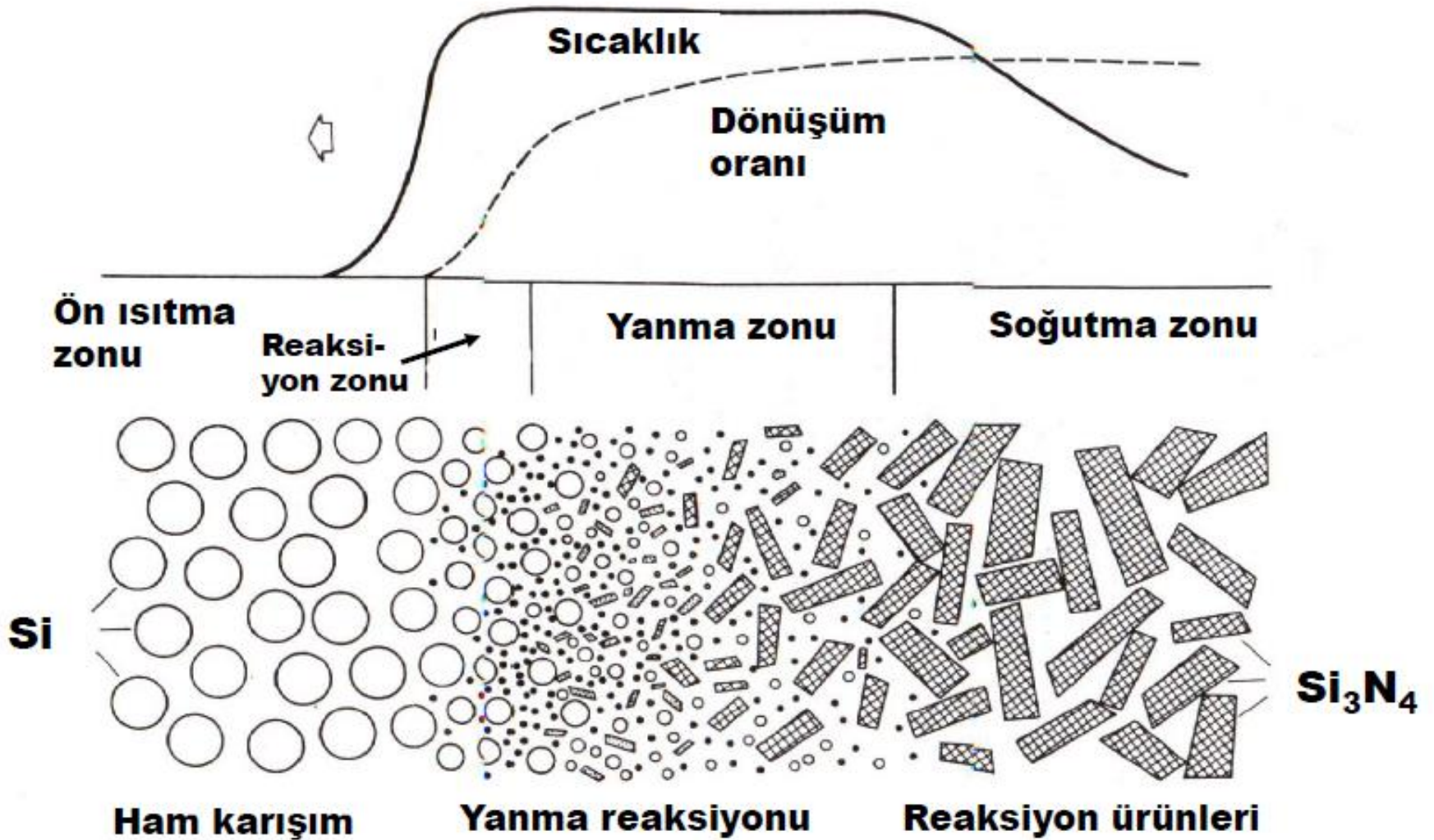


FIGURE 6.21

Schematic of chemical vapor composite deposition. (Reprinted from Reagan, P. and Huffman, F.N., *Fiber-tex 1988*, Buckley, J., Ed., NASA Scientific and Technical Information Division, Washington, DC, 1989, p. 247. With permission.)

SMK: Üretimi



Kaynaklar:

- 1- M. Balasubramanian, Composite Materials and Processing, CRC Press, 2013.**
- 2- A. Brent Strong, Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods and Applications, SME, 2008.**
- 3- K. K. Chawla, Composite Materials: Science and Engineerig, Springer, 2012.**
- 4- Yard. Doç. Dr. Gülfem Binal Ders Notları**