



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **EVAPORATÖR TASARIMLARINDA FARKLI MALZEME VE KONSTRÜKSİYON UYGULAMALARI İLE KARŞILAŞTIRMALI YENİ YAKLAŞIMLAR**

**FEYZA ŞAHİN  
HAYATİ CAN  
NACİ ŞAHİN  
FRITERM**



# EVAPORATÖR TASARIMLARINDA FARKLI MALZEME VE KONSTRÜKSİYON UYGULAMALARI İLE KARŞILAŞTIRMALI YENİ YAKLAŞIMLAR

Feyza ŞAHİN  
Hayati CAN  
Naci ŞAHİN

## ÖZET

Çeşitli mahallerin soğutulmasında kullanılan evaporatörlerden, istenilen verimin alınması için önem arz eden farklı tasarım kriterleri bulunmaktadır.

Evaporatörlerde uygulanan yeni malzeme ve konstrüksiyon yaklaşımları ısı değiştiricilerin verimliliğine, işletme ömrüne, kurulum ve işletme kolaylığı ile maliyetine etki etmektedir.

Eski yaklaşımda karşımıza çıkan düz boru uygulamaları yeni yaklaşımda yerini türbülanslı borulara bırakırken verimlilikte kayda değer artışlar gözlenmektedir. Aynı şekilde konstrüktif gelişmeler yeni yaklaşımda farklı sevkibat, kurulum ve işletme kolaylıkları sağlamaktadır.

Boruların türbülanslı veya düz oluşu, düz veya kaburgalı lamel özelliği, ürün konstrüksiyonu gibi tasarım kriterleri bu çalışmada irdelenecek ve birbirlerine göre avantajları tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Evaporatör, Kanatlı Borulu Isı Değiştiriciler, Evaporatör Tasarımı, Enerji Verimliliği

## ABSTRACT

Evaporators are used for cooling of different spaces, and there are some important design criterions to have a better performance.

The new material and construction approach for evaporators affects the efficiency, physical life, ease of use, cost.

Evaporators with grooved tubes are using instead of smooth tubes by the new approach and significant capacity increasing can be seen. Accordingly compact products achieve lower energy consumption.

In addition, with the new approach constructive developments help to use the evaporators easier. In this paper, effects of tube materials and forms, fin materials and forms, and constructive developments are studied.

**Key Words:** Evaporator, Fin and Tube Heat Exchangers, Evaporator Design, Energy Efficiency

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte ısı değiştiricilerde kullanılan malzemeler de çeşitlilik kazanmış ve kullanım yerlerine göre farklı seçenekler sunulmasına imkan sağlamıştır. Soğutma sistemlerinde kullanılan evaporatörlerin boru ve lamel (kanat) malzemelerinin ortam şartlarına uyumlu malzemelerden seçilmesi gerekmektedir. Doğru malzeme seçimi evaporatörün işletme ömrünün artmasında önemli rol oynamaktadır. Kullanılan boru ve lamel formları da ürün kapasitesini direkt olarak etkilemektedir. Evaporatörlerdeki yeni yaklaşımla kullanılmaya başlanan türbölanslı borular, farklı lamel formları da evaporatör tasarım kriterlerinde önem arz etmektedir.

Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yapılan inovatif konstrüktif gelişmeler evaporatörlerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

## 2. EVAPORATÖRLERDE FARKLI MALZEME YAKLAşIMI

### 2.1. Evaporatörlerde Kullanılan Boru Malzemesi ve Özellikleri

#### 2.1.1. Boru Malzeme Seçimi

Freonlu evaporatör borularında kullanılmak üzere sıkça tercih edilen malzemeler; bakır, paslanmaz elik ve alüminyum olarak sıralanmaktadır. Malzeme tercihi ısı değiştiricinin kullanılacağı ortama veya i akışkana göre değişmektedir.

Bakır boru, ısı iletkenliğinin yüksek olması nedeni ile tercih edilmekte ve havada agresif bileşenlerin olmadığı birçok uygulamada çözüm sunmaktadır.

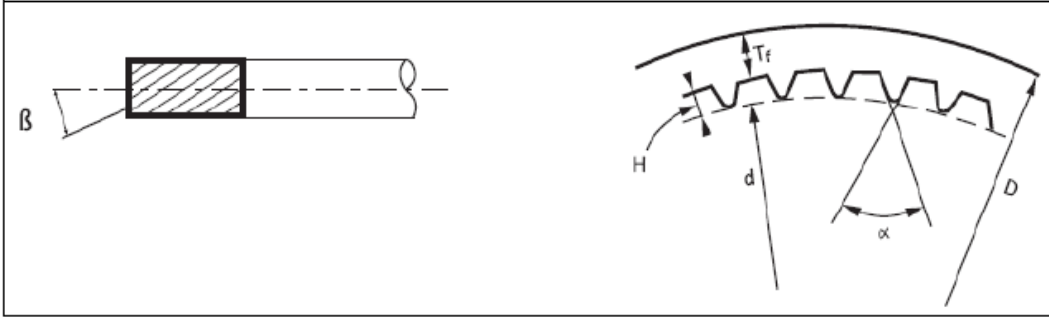
Alüminyum borulu ürünler, özellikle ürün ağırlığının düşürülmesinin istendiği ortamlarda (otobüs vb.) yaygın kullanıma sahiptir. Bakır malzemeye göre ısı iletkenliği düşük olsa da maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır.

Paslanmaz elik borular ise i akışkanın korozif etkilere sahip olduğu (amonyak) sistemlerde, yüksek basınçlı (CO<sub>2</sub>) ürünlerde ve dış ortamda yüksek korozif maddelerin dolaştığı (süt, yoğurt, peynir vb. üretim tesislerinde) alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle süt mamulleri tesislerinde karşılaşılan ve çözümü çok zorlu olan bakır korozyonunun önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır. Paslanmaz boru agresif muhafaza şartlarına sahip süt mamulleri tesislerinde bakır boruyu korumak amacıyla kullanılan epoksi kaplamaya ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır.

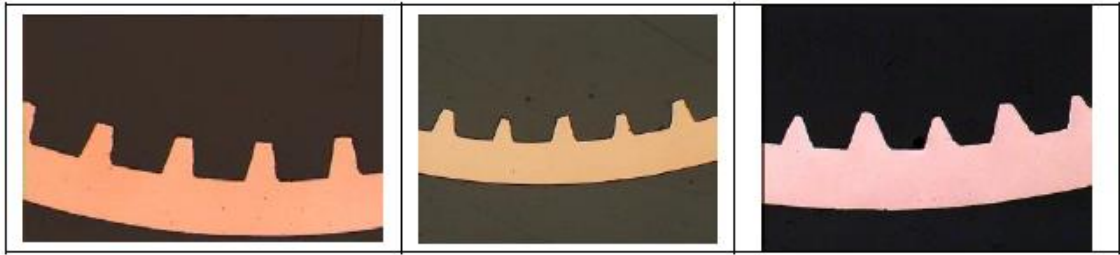
#### 2.1.2 Türbölanslı ve Düz Boru Yaklaşımı

Kanatlı borulu evaporatörlerde kullanılan boruların iç yüzeyi tasarıma ve maliyet optimizasyonuna göre farklılık gösterebilmektedir. Düz borular ve türbölanslı borular evaporatör bataryalarında kullanılabilir. Kanatlı borulu evaporatörlerde türbölanslı boru kullanımı, daha kompakt, daha verimli, ekonomik ürünler elde edilmesini sağlamaktadır.

şekil 1.'de Türbölanslı boruların teknik özelliklerine konu olan ölçüler ve şekil 2.'de farklı geometrik yapıya sahip türbölanslı boruların kesit görünümleri verilmektedir.



Şekil 1. Türbülanslı boruların teknik özelliklerine konu olan ölçüler [1]



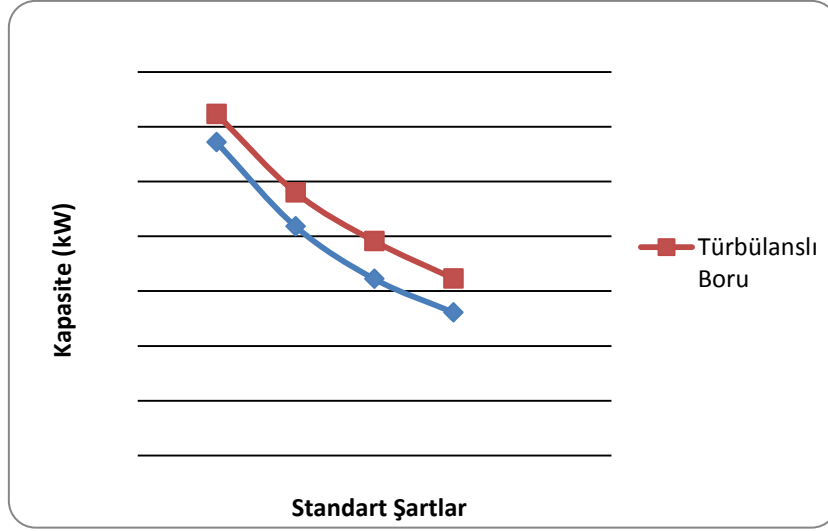
Şekil 2. Farklı geometrik yapıya sahip türbülanslı boruların kesit görünüşleri [1]

Freonlu sistemlerde türbülanslı bakır boru seçimi, verimi özel olarak artıran bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat her yiv formu evaporatör için uygun değildir. Ayrıca, işlenmesi yönünden hassas bir çalışma gerektirir. Yapılan deneysel çalışmalarda ürünlerin doğru tasarımı ile performansın aynı boru boyunda %20 mertebelerinde arttığı görülmüştür.[2] Böylece maliyet fayda ilişkisinde türbülanslı boru pozitif etki yaratmaktadır. FrtCoils yazılım programı ile yapılan hesaplamalarla düz ve türbülanslı boruların kapasiteye etkisi, standartlarda belirtilen şartlar [3] altında karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırma yapılan ürün yaklaşık olarak  $550 \text{ m}^2$  ısı transfer yüzey alanına sahip  $1195 \times 3750 \times 1315 \text{ mm}$  (En x boy x yükseklik) boyutlarında bir evaporatör olup R404A akışkanı ile belirtilen standart şartlarda incelenmiştir. Yazılımdan elde edilen sonuçlar laboratuvar testleri ile doğrulanmıştır.

Aşağıdaki tabloda kapasite ölçümlerinin yapıldığı standart şartlar verilmiştir. Burada;  $t_{A1}$  hava giriş sıcaklığı (kuru termometre);  $t_{dP}$  kalorimetrik oda içerisinde hava çiy noktası sıcaklığı;  $t_e$  buharlaşma sıcaklığı;  $\Delta t_{sup}$  süper ısıtma;  $Dt_1$  giriş sıcaklık farkı;  $t_{R1}$  ikincil soğutulmuş soğutucu akışkan sıcaklığıdır.

Tablo 1. Standart Şartlar

Standart Şart	$t_{A1}$ (°C)	$t_{dP}$ (°C)	$t_e$ (°C)	$\Delta t_{sup}/ Dt_1$	$t_{R1}$ (°C)
SC1	10	<-2	0	0.65	30
SC2	0	<-10	-8	0.65	30
SC3	-18	<-27	-25	0.65	20
SC4	-25	<-33	-31	0.65	20



Şekil 3. Düz ve türbülanslı boruların kapasite karşılaştırması

## 2.2 Evaporatörlerde Kullanılan Lamel Malzemesi ve Özellikleri

Kanatlı borulu evaporatörlerde, lamel boyutu ve lameller arası mesafe (hatve) dışında evaporatörün performansı ve ömrünü etkileyen farklı özellikler bulunmaktadır. Bunlar lamel malzemesi, lamel kalınlığı, lamel formu olarak sıralanabilir.

### 2.2.1. Lamel Malzeme Seçimi

Kullanılan lamel malzemesi seçimi, ortam havasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında, genel olarak kullanımı tercih edilen alüminyum malzemenin yanı sıra, havada alüminyum ile korozyon yaratacak maddelerin olması durumunda bakır, kaplamalı alüminyum veya alaşımlı/kaplamalı alüminyum alternatifleri bulunmaktadır.

İlaç depoları, market reyon dolapları gibi belirli hijyen standartlarında ürünlerin kullanılması gerektiği yerlerde ısı değiştiricilerin de özel anti bakteriyel özellikteki malzemelerle üretilerek kullanıcıya sunulması gerekmektedir. Bu gibi ortamlarda kullanılan hidrofilik kaplamalı alüminyum kanatlar, kanat yüzeyinde yoğuşan suyun hızlıca yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Hidrofilik kaplama, kanat yüzeyinde yoğuşan suyu düşük yüzey gerilimi sayesinde yüzeyden uzaklaştırarak, kanat yüzeyinde mikroorganizmaların ve mantarların üremesini ve yoğuşan suyun alüminyum kanat üzerindeki aşındırıcı etkisini azaltmaktadır.

Özellikle peynir, yoğurt üretim ve saklama tesislerinde, evaporatör lamel malzemesi kaplamalı veya alaşımlı olarak tercih edilebilir.

Lamel malzemesi kadar, lamel kalınlığının da performansa etkisi önem kazanmaktadır. Lamel kalınlığının artması birim yüzeydeki kanat verimliliğini artırmakta ve dolayısıyla evaporatör verimini etkilemektedir. [4]

$$\eta_f = \frac{\tanh X}{X} \quad (1)$$

$$X = \varphi \frac{d_0}{2} \sqrt{\frac{2\alpha_m}{\lambda_f \delta}} \quad (2)$$

(1) ve (2) eşitliklerinde;

$n_f$ ; Kanat (Lamel) verimi

$d_0$ ; Boru dış çapı (m)

$\alpha_m$ ; Hava tarafı ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$\lambda_f$ ; Lamelin ısı iletkenliği (W/mK)

$\delta$ ; Lamel kalınlığı (m)

$\varphi$ ; Lamel boyutuna bağlı katsayı (Eşitlik (3))

$b_f$ ; Dörtgen lamel genişliği (m)

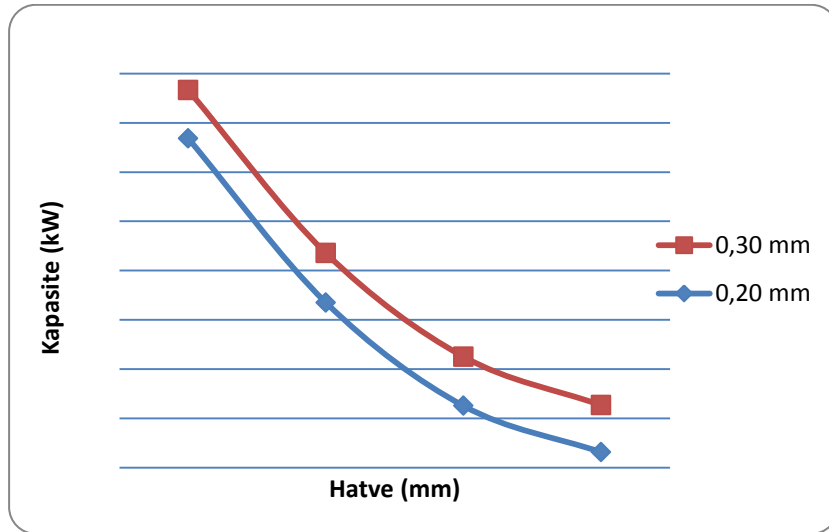
$l_f$ ; Dörtgen lamel yüksekliğini (m) ifade etmektedir.

$$\varphi = (\varphi' - 1)(1 + 0.35 \ln \varphi'),$$

$$\varphi' = 1.28 \frac{b_f}{d_0} \sqrt{\left(\frac{l_f}{b_f} - 0.2\right)}.$$

(3)

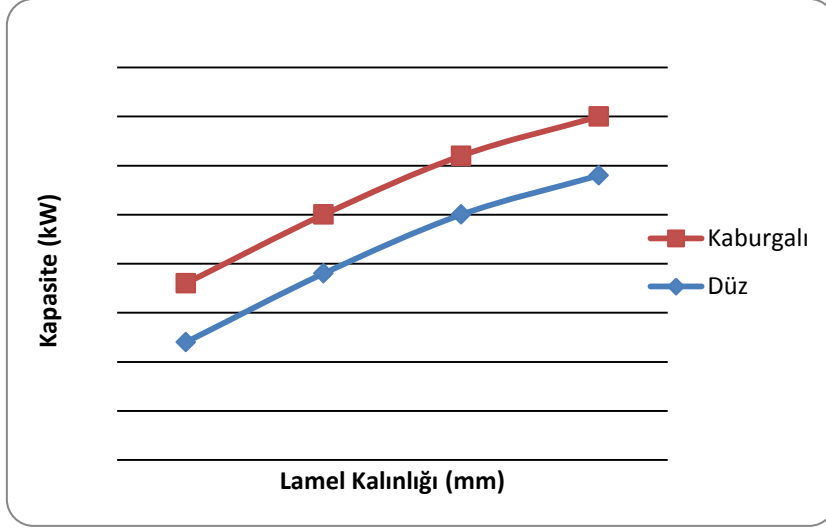
Yaklaşık 135 m<sup>2</sup> ısı transfer yüzey alanına sahip 605x3650x707 mm (En x boy x yükseklik) boyutlarında bir evaporatör R404A akışkanı ile SC2 standart şartında incelenmiş ve Şekil.4' te lamel malzemesi kalınlığının kapasiteye etkisi verilmiştir.



Şekil 4. Lamel kalınlığının kapasiteye etkisi

### 2.2.2 Kaburgalı ve Düz Lamel Yaklaşımı

Evaporatörlerde kullanılan lamel formları düz veya kaburgalı olabilmektedir. Lamele verilen formlar türbülans yaratıcı ve alan artırıcı etkileri nedeniyle düz formlara göre daha yüksek transfer katsayısı sağlamaktadır. Fakat daha yüksek bir hava direncine ve buzlanma sorununun artmasına neden oluşturmaktadır. Bu nedenle buzlanma riskinin artması durumunda düz lamel, buzlanma riskinin az olduğu durumlarda ise kaburgalı lamel kullanılmalıdır. Nihai karar işletme verimliliği dikkate alınarak verilmelidir.



Şekil 5. Lamel formunun kapasiteye etkisi

### 3. EVAPORATÖRLERDE KULLANIM KOLAYLIĞI İÇİN KONSTRÜKTİF YENİ YAKLAŞIMLAR

Maksimum kapasiteyi verecek şekilde iyi tasarlanmış bir evaporatörün kullanım kolaylığı için konstrüktif olarak da iyi tasarlanması gerekmektedir. Farklı kullanım alanlarında çalıştırılan evaporatörlerin, montaj, bakım esnasında veya herhangi bir nedenle ürünlere müdahale edilmesi gerektiğinde kullanıcıya maksimum kolaylığı sağlayacak şekilde üretilmiş olması önemlidir.

#### 3.1. Kolay Montaj için Yapılabilecek İyileştirmeler

Evaporatörlerin sevkiyat ve montaj güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Yeni yaklaşımla hem iş gücü tasarrufu hem de iş güvenliğinde avantaj sağlanmaktadır.



Şekil 6. Eski ve yeni tarz taşıma ayakları

Eski tarzda olduğu gibi ürünlerin ters şekilde paletler üzerinde sevk edilmesi ürünlerde deformasyona neden olabileceği gibi, montaj aşamasında ürünün tavana asılacak şekilde döndürülmesi de fazladan iş yüküne ve işçi sağlığı riskine neden olmaktadır. Yeni seri evaporatörlerde ürün boyutlarına bağlı olarak tasarlanan taşıma ayakları ile hem ürünlerin zarar görmemesi sağlanmakta hem de palet



üzerinde taşındığı şekilde montajı yapılabilmektedir. Bu iyileştirme ile olası iş kazaları da minimize edilmektedir.

### 3.2. Güvenli ve Kolay Servis için Yapılabilecek İyileştirmeler

Evaporatörlere servis ihtiyacı, ısıtıcıların elektrik bağlantılarının kontrolü, kolektör ve distribütörlerin kontrolünü içermektedir.



Şekil 7. Eski ve yeni tarz yan kapak tasarımları

Eski tarz ürünlerde yan kapakların ve tavanın civatalı, sök/ çıkar sisteminde olması ürüne, özellikle tavana asılı konumda iken müdahale edilmesini zorlaştırmakta ve zaman kaybı ve iş güvenliği sorunu yaratmaktadır. Yeni yaklaşım ile menteşeli, aç/kapa sisteminde tasarım yapılması iş verimini artırmakta ve iş güvenliğini maksimize etmektedir.

### 3.3. Soğuk Odalarda Su Damlamasının Önlenmesi ve Drenaj Hattı İyileştirmeler

Evaporatörlerde kullanım açısından en hassas konuların başında drenaj suyunun sistemden uzaklaştırılması ve alt tava dış yüzeyinde oluşan terlemedir. İyi tasarlanamamış bir drenaj tavası ve drenaj hattı borusu alt tavada su birikmesine, suyun donmasına ve drenaj hattının tıkanmasına neden olabilmektedir.



Şekil 8. Eski tarz evaporatörlerde drenaj tavası yapısı



**Şekil 9.** Yeni tarz evaporatörlerde drenaj tavası yapısı

Yeni serilerde daha iyi tasarlanan alt tava yapısı drenaj hattından atılması gereken suyun en uygun şekilde toplanarak, alt tavada birikme yapmadan ortamdaki uzaklaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede tava arızaları ve su damlama problemleri minimize edilmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada evaporatörler için ele alınan, yeni yaklaşım ve eski yaklaşım arasında görülen avantajlar ve dezavantajlar irdelenmiştir. Yeni yaklaşımda kullanılan farklı boru ve lamel formlarının performansa etkisi, konstrüktif iyileştirmelerin kullanım kolaylığına etkisi incelenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] KME Firması Teknik ve Test Dokümanları (<http://www.kme.com>)
- [2] Y. Kocaman, H. Tosun, Effect of Inner Grooved Tubes on Evaporator Performance, 11. Uluslararası Yapıda Tesisat Mühendisliği Sempozyumu
- [3] TS EN 328, Nisan 2004.
- [4] VDI, 2010. Heat-Atlas 2nd edition, VDI, Düsseldorf. Germany

#### ÖZGEÇMİŞ

##### Feyza ŞAHİN

1986 yılı Samsun doğumludur. 2008 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Isı- Akışkan programında Yüksek lisansını tamamlamıştır. 2012 yılından beri Friterm A.Ş' de Ar- Ge mühendisi olarak görev almaktadır. Ürün geliştirme konuları üzerine çalışmaktadır.

##### Hayati CAN

1969 yılı Ordu- Fatsa doğumludur. 1996 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Halkevleri ve TÜKODER şubelerinde ve TMMOB, MMO İstanbul Şubesinde yöneticilik yapmıştır. Halen Politeknik Derneği Yönetim Kurulu üyesidir. 1998 yılından itibaren Friterm A.Ş. de muhtelif pozisyonlarda çalışmıştır. Günümüzde iş geliştirme müdürü olarak görevini devam ettirmektedir. Eşi ve bir kız çocuğu ile İstanbul' da yaşamaktadır.

**Naci ŞAHİN**

Naci ŞAHİN 1958 yılı Hekimhan/Malatya doğumludur. 1981 yılında Makine Mühendisi olarak İ.T.Ü.'den mezun olmuştur. 1983-1985 yılları arasında Termko Termik Cih. San. Ve Tic. A.Ş.'de Makine Mühendisliği; 1985-1996 yılları arasında Friterm A.Ş.'de Üretim, Şantiye ve Servis Müdürlüğü görevlerini yürüttü. 1996 yılından günümüze Friterm A.Ş. Genel Müdürlüğü görevini yürütmekte olan Naci Şahin süreç içerisinde çeşitli sektörel kurumlarda aktif olarak görev yaptı. Halen sektörel kurumlarda çalışmaları devam etmekte olup, İklimlendirme Soğutma Klima İmalaçıları Derneği (İSKİD) Üniversite Sanayi İşbirliği Komisyon Başkanlığı ve Yönetim Kurulu Başkanlığı yapmıştır. Naci Şahin evli, bir erkek ve bir kız çocuk babasıdır.

