

İnce sac ve teneke yapımında yeni imkânlar doğru

Demir tozundan ince çelik sac

W. G. JAFFREY, I. Davies ve R. L. S. TAYLOR

Birçok araştırma ekipleri, koskoca çelik kütüklerinden haddeden geçirilerek yorucu bir emek sonucu elde edilen ince çelik sac levhalarını yapmak için daha iyi bir yol bulmak amacıyla uzun çalışmalar yaptılar. Şimdi bir İngiliz gurubu maliyeti üçte bir azaltabilecek yeni bir toz sıkıştırma tekniğinin son rötüsünü yapmaktadır.

Zamanımızın başlıca ham maddelerinden biri olan ince çelik sac levha, ağır bir külçenin (ingotun) dökülmesi ve bunun bir sıra inceleme işlemlerine tâbi tutulması suretiyle meydana gelir. Aslında çok az metal israf edilmesine rağmen, ham külçeden parlak ince sac kargalına giden yol öyle büyük bir sermayeye ihtiyaç gösterir ki, maliyet bunun etkisi altında daima yüksek kalır. Bu yüzyıl içinde birçok araştırmacı ince çelik sac levhayı tamamiyle ters bir süreçle yapmanın yolunu bulmağa çalıştılar: bu, çelik tozunun sürekli bir surette sıkıştırarak, zerrelerin birbirleriyle kaynaşmaları ve yekpare bir metal meydana getirmeleri özelliğinden faydalanmak suretiyle yapılmıyordu. Bu sayede sermaye ve işletme giderleri azalıyordu, fakat pratik alanda yapılan ilk deneylerin hepsi ciddi teknik problemler meydana çıkardılar ve henüz büyük haddehanelerle rekabet edecek bir düzeyde olmadıkları anlaşıldı.

Bununla beraber on yıl kadar önce «İngiliz Demir ve Çelik Araştırma Kurumu» (BİSRA), çelik tozundan ince çelik levha yapma metodunun aslında prensip bakımından yanlış veya eksik tarafı olmadığı sonucuna vardı ve 1960 başlarında iki değişik mamul yapmak üzere iki ayrı yolu araştırmaya başladı. Sheffield laboratuvarlarındaki araştırmacılar orta ve kalın ölçüdeki paslanmayan çelik sac levhalarının ekonomik bir şekilde yapımının ancak doğrudan doğruya haddeden geçirme tekniği ile kabil olacağı sonucuna vardılar. Swansea'de çalışan bizler ise, teneke yapılmak üzere kullanılacak ince yumuşak çelik levhaların tonlarla yapımı için uygun bir işlemi geliştirme-

ğe çalıştık.

Swansea'de bulunan metod kuru toz sıkıştırma işlemini bırakıyor ve sıkıştırma preslerini yüksek hızda besleyebilecek ince bir film tabakası geliştirmiyordu. Bu yeni metodun temel kademeleri şunlardı: ilk olarak demir tozunun iyice karıştırılması, uygun bir bağlayıcı ve su ile tozların bir hamur haline getirilmesi; sonra bu hamurun geçici bir metal levha veya bant üzerine istenilen genişlik ve kalınlıkta yayılması ve kuru olarak kendi kendini tutabilecek bir film tabakası haline getirilmesi; altındaki geçici levha veya banttan çıkarılarak bir merdaneden geçirilmek suretiyle «yeşil» sac levha haline getirilmesi; sonra tasfiye edilmiş bir atmosferde levhanın kalıba sokulması; haddeden geçirilmesi, tekrar tasfiye edilmiş bir atmosferde kalıplanması ve son olarak perdahlanmak veya sertleştirilmek üzere haddeden geçirilmesi. Bununla işe yarayacak yumuşak çelik levhaların daha basit ve ucuz tesislerde yapılabileceği yeni bir metod bulunmuş oluyordu, bu sayede gerektiği takdirde, alışılmış eski usule nazaran daha düşük bir üretim kapasitesinde bile imalât yapmak kabil oluyordu.

Gelecek on yıl içinde çelik tozundan ince sac levha yapma metodu, yalnız yumuşak çelikten değil, paslanmaz çelik ve daha başka metal ve karma maddelerden ince sac yapmakta şüphesiz büyük bir önem kazanacaktır.

İnce çelik sac levhalarının paketleme, konserve veya ambalaj malzemesi olarak kullanılması büyük ölçüde, demirle kalayın birbirini tamamlayıcı niteliklerinden ileri gelmektedir. Demir Çağı Milâttan önceki 800 yıla kadar geri gider, fa



Yukarıdaki gravür 1780 yıllarında teneke levhalarının yapılışını göstermektedir. Teker teker teneke levhaların su ile işleyen bir çekiçle dövülmesinden başka her iş elle yapılmaktadır. İşletme devamlı değildir ve küçük levhalar ayrı ayrı asite batırılmakta, yıkanmakta, su ile çalkalanmakta, kurutulmakta ve sıcak olarak erimiş çinkodan bir banyoya sokulmaktadır.

kat kalayın bronz alaşımının bir bileşiği olarak kullanılması ise bundan da 2000 yıl kadar öncedir. Demirin alt kat ve kalayın da bir kaplama olarak demire güzel dekoratif bir görünüş vermek üzere kullanılması ise ancak zamanımızın 30 uncu yıllarında olmuştur. Ticari bir mal olarak tenekenin üretimi 14 cü yüzyılda ve şimdi Çekoslovakya diye tanınan ülkede başlamıştır.

Teneke levhanın kullanılış alanının çok geniş olması birden bire geniş bir ince sac endüstrisinin meydana çıkmasını sağlamıştır. İngiltere de böyle bir endüstrinin kurulması ile ilgili teşebbüsler 1660 da başlamışsa da bunların başarı kazanabilmesi ancak 1720 de olmuştur. Üretimde kullanılan metod büyük ölçüde üretime elverişli değildi. Su ile işleyen bir şahmerdan altında 4 işçi günde 12 saat çalışmak suretiyle kalınlığına göre 20-50 kilogram sac levha dövabiliyorlardı. Oysa teneke levhaya olan ihtiyaç büyük bir hızla artıyordu. 18 ci yüzyılın başlarında şahmerdan yerine su ile işleyen hadde tezgâhlarının geçmesi üretimi 20 katına çıkarmayı başardı. Böyle bir tezgâhda çalışan 4 işçi 12 saatte bir tondan biraz daha fazla teneke levha çıkarabiliyorlardı. Bundan sonraki ilerlemeler daha da çabuk oldu, üretimin birçok kademelerinde geniş ölçüde yenilikler yapıldı ve 1880 sene-

lerinde demir yerine çeliğin geçmesini mümkün kılan yeni tesis ve tekniklerin sayesinde tenekenin esaslı olan ince çelik levha konusu çözülmüş oldu.

Teneke levhanın geniş ölçüde kullanılması ve yayılmasına rağmen, bu konudaki en büyük gelişme; şehirlerin çoğalması ve kalabalıklaşması, besin maddelerine olan ihtiyacın artması ve bunların üretimleriyle tüketimleri arasında mevsimlere bağımlı olması yüzünden bir denge sağlanması zorunluluğunun ortaya çıkmasından sonra olmuştur. Besin maddelerinin saklanması konusu konserveliğin gelişmesini körükledi, bugün teneke levha hemen hemen hepimizin günlük hayatında önemli bir rol oynar. Bütün dünyada bir günde kullanılan konserve kutusu sayısı yüz milyonu geçmektedir. Geniş anlamda bir ulusun hayat standardı ne kadar yüksekse nüfus başına düşen konserve tüketimi de o kadar fazladır.

Teneke levhaya olan ihtiyacın artması Amerikan çelik endüstrisini, devamlı olarak haddeden geçirilerek yapılan ince sac üretimine teşvik etmiştir. Orada bu tip ilk haddehane 1926 da kurulmuş, oysa İngilterede ise ancak 12 yıl sonra ince sac üretimine geçilebilmiştir. 1950 den bu yana, özellikle rakıp başka paketleme ve ambalaj malzemesinin ortaya çıkmasından ve besin mad-

delerini uzun zaman saklayabilmek için yeni usul-lerden faydalanmağa başlanmasından dolayı teneke levhaya olan ihtiyaçtaki artış yavaşlamıştır.

Son yıllarda önemli bir faktör de paketlenme, ambalaj endüstrisinin malzeme giderlerini mümkün olduğu kadar azaltmak arzusudur. Bu çelik endüstrisine yeni problemler yüklenmiş oldu. Çeliğin rekabet edebilmesi için daha ince ve daha sağlam olması, gerekiyordu ki, bu yüzden yarı kalınlıkta ince teneke levha piyasaya çıkarıldı, fakat bunun maliyeti ilk zamanlarda ümit edildiği kadar düşük olmadı. Sırf bu amaçla kurulan büyük fabrikaların karşılaştığı başka güçlükde arz ve talebe (sunu ve isteğe) ayak uyduramamalarıydı. Saç levha yapım kapasitesinde yapılacak önemli bir artış, fabrikanın külçe (ingot) döküm haddelme, tavlama, kaplama ve parçalama tesislerinde büyük yatırımlar yapmağı göze alması demektir. Bu yüzden kapasiteyi arttırmak için verilecek bütün kararlar, piyasanın böyle bir kapasite artışının büyük bir kısmını memnunlukla üzerine alacak şekilde bir genişleme göstereceği zamana bırakılıyordu. Böylece endüstri yetersiz üretim kapasitesi ile çok fazla üretim arasında bocalayıp duruyordu. İşte tozdan ince çelik saç yapma tekniğinin yavaş yavaş ve birden fazla bir sermayeye ihtiyaç göstermeden, üretim kapasitesini arttırma yeteneği onu arz ile talebi hemen hemen dengede tutabilecek cazip bir metod yapıyordu.

Toz metodu külçe dökümünü, külçelerini sıcağın haddeden geçmesini, soğuk haddelmenin önemli bir kısmını, tavlama ve öteki ek ve yan işlemleri ortadan kaldırıyordu. Tozdan ilk metal levha muhtemelen 1843 yılında Henry Bessemer tarafından, aslında farkında olmadan yapılmıştır. O ince pirinç parçacıklarını bir haddeden geçirerek yonup (pul) pirinç yapmak istiyordu. Fakat ticari değeri olan böyle bir işlemde elde edilecek fayda ve kazanç muhtemelen, 1902 de Alman Siemens ve Halske bununla ilgili bir patent alınca kadar, kimsenin aklına gelmemiştir.

1950 de Naesser ve Zirm, demirtozunun bir çift merdane arasında sıkıştırıldığı, yeşil (ham) levhanın kalıba basıldığı ve elde edilen maddenin bilindiği gibi soğuk haddeden geçirildiği ve tavlандığı bir metodu açıklıyordu.

Burada tozdan saç levhaların yapılması ile ilgili değişik teknikler birçok değişik metaller için anlatılıyor ve çok miktarda üretime en çok uyacak metod olarak da haddeden geçirilerek sıkış-

tırmak kabul ediliyordu. Buradaki haddeleme normal bir haddelemeye benziyordu, yalnız haddeleme doğrultusu dikine aşağıya doğruydı, böylece serbest kalan tozun yandan haddeye verilme gücünü önlenmiş olmaktadır. Metodların çoğu haddelerin üzerine fazla toz verecek «doğgun» bir besleme sistemiyle çalışmaktadırlar. Sıkıştırma derecesi haddelerle toz arasındaki sürtünme kuvvetiyle ve tozun akış karakteristiği ile değişmektedir. Bu besleme sistemiyle üretilen sacın kalınlığı haddenin çapına bağlıdır, belirli bir yoğunluk için çapın kalıpta sıkıştırılan sacın kalınlığının 50-100 katı olması tavsiye edilmektedir. Sac kalınlığının haddeler arasındaki açıklığa da bağlı olmasına rağmen bu, iyi bir yeşil sac üretilecek isteniliyorsa yalnız çok dar bir sınır içinde değiştirilebiliyordu.

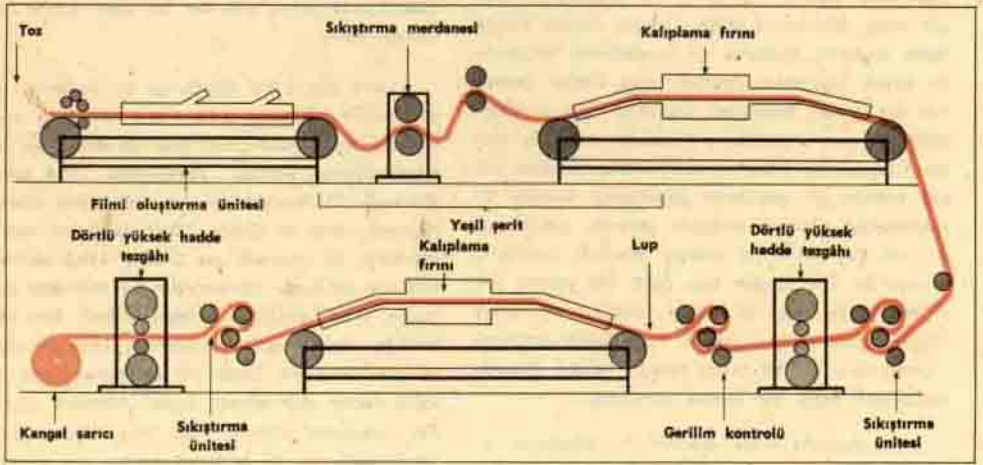
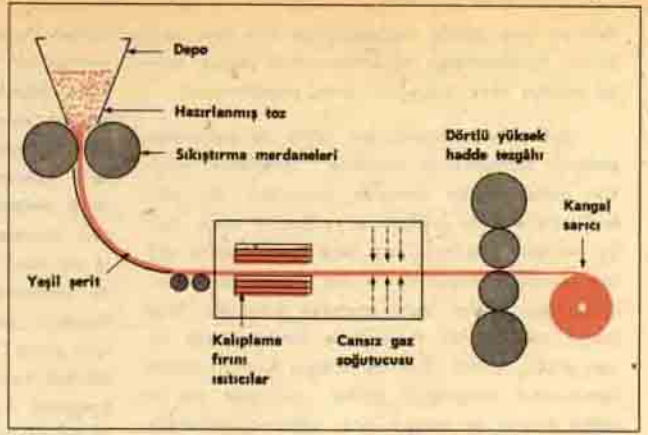
Daha başka bir güçlük de bu haddeden geçişin hızının dakikada 2-10 metre den fazla olamamasıdır, paslanmaz çelik tozu ile Amerikan Atom Komisyonunun yaptığı deneylerde, 1954 yılında, dakikada 20 metrelik bir hız elde etmiş olmasına rağmen. Hunt ve Eboral 1960 de bakır tozu ile dakikada 23 metrelik ve Crooks 1962 de demir tozu ile dakikada 30 metrelik bir hız elde etmişlerdir. Hızı sınırlayan faktörlerden biri hadde boşluğu dolaylarında hapsedilmiş havanın dışarıya çıkarılmasıdır. Daha yüksek hızlar veya daha kalın saclar elde etmek, tozları hidrojen gibi düşük viskozitesi olan bir gaz veya vakum için de sıkıştırmak, ya da haddeye verilen toz parçalarının verilme hızını arttırmak suretiyle kabildir.

Bu direkt sıkıştırma metodlarının üç esas zayıf tarafı vardır. Tozla beraber araya giren havanın çıkarılması, tozun akışını bozar ve bu yüzden haddeleme hızını dakikada 20 metre ile sınırlar. Sıkıştırma merdanesi tozun verilme hızını tespit eder; bu kalıplama kalınlığını haddenin çapına bağlı kılar ve sürtünmede (haddenin muhtemel aşınmasından dolayı) veya serbest tozun akış karakteristiğinde olacak herhangi bir değişiklik sacın yoğunluk ve kalınlığının her tarafa eşit olmamasına sebep olur. Üçüncü olarak sac alışılmış eski usulle yapılmış malzeme ile kıyaslayabilecek bir kalitede yapılabilmek için onun nispeten uzun zaman kalıplanması gerekir, ki bunu da genellikle kalınlığı en aşağı % 50 düşürmek için lüzumlu olan bir haddeleme izler.

Buna rağmen doğrudan doğruya haddeleme sürecinin, birçok çeşitleri şimdiden pahalı veya

Doğrudan doğruya haddelemek. Tozdan metal levha yapmanın denen ilk tekniği. Depodan gelen toz doğrudan doğruya hadde tezgâhlarına gider orada sıkıştırılır ve sonra da kalıba sokulur.

Burada BISRA TSP usulü ile tozdan çelik levha yapma işlemi gösterilmektedir. Deneysel fabrikada yalnız bir tek kalıplama fırını ve dört yüksek hadde vardır. Bunlar her malzemede iki kere kullanılır. Devamlı çalışacak bir endüstri hattında aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi iki fırın ve seri halinde haddeler bulunacaktır.



güç sağlanan metal ve alaşımlardan, hatta bazı hallerde daha yumuşak veya haddeden çekilmeğe daha elverişli metallere, ince sac yapımında kullanılmaktadır. Fakat işlemin kârlı olduğu her durumda üretilen ince sac üstün bir fiyatla satılabilen özel bir mamul olur. Bazan imalatın eski alışılmış metodlarla yapılmasına imkân yoktur, meselâ ateşe dayanıklı, güç eriyen, tungsten (volfram), molibden, tantalum ve niobium türünden metallere olduğu gibi, halbuki bunların hepsinden bugün mükemmelen toz şeklinde ince sac veya şerit yapılabilir. Aynı zamanda talebin az olduğu yerlerde bu sayede yüksek tonaj da üretim yapan mevcut haddehanelerde sağlanması imkânı olmayan, bir ekonomilik elde edilir.

1968 yılında tanınmış bir firmanın Kimyasal Ürünler Şubesi yumuşak ve yüksek saflık derecesinde kobalt şeritlerini, özel maksatlar için, direkt

tozdan haddelenmeğe başlamıştır. Bu işlemin haddelenme hızının düşük olmasına rağmen, firma 20 santim genişliğinde, kalınlıkları 0,025-1,3 milimetre olan ve yoğunluğu teorik değerinin % 98 ini geçtiği iddia edilen bir şerit yapabilmıştır.

Bu metodla üretilen kobalt şeridinin çok yüksek bir haddelenme yeteneği ve yumuşaklığı olduğu ve % 50 kadar uzayabildiği görülmüştür. Daha birçok büyük firmalar da pahalı metal ve alaşım tozlarından ince şerit yapmağa başlamışlardır. Hatta iki Amerikan çelik şirketi toz metodu ile takım çeliği yapmak için deneylere girişmişlerdir.

Daha yumuşak ve haddelenmeğe daha elverişli metallere direkt toz metodundan alüminyum, bakır ve bazı kıymetli metaller için de faydalanılmış ve bu konularda esaslı araştırmalara başlanmıştır. Bununla beraber bütün bu işlemler yumuşak ve paslanmaz çelikten büyük çapta imalâta

pek elverişli değildir, çünkü bunlar yukarıda açıklanmış olduğumuz problemleri çözmiyor, yalnız onlardan kaçınıyorlar.

Bütün karşılaşılan güçlükler rağmen biz, paslanmaz çelik saclarının da 0,60-3,0 milimetre kalınlıklarında direkt toz metodundan faydalanılabileceği ve bunun, 1971-72 de ekonomik olacağı kanısındayız.

Genellikle tozun sıkıştırılması, direkt toz haddelene metodunda en yavaş işleyen kademe olarak sayılır. Bundan dolayı en ekonomik yolun, yeşil sacı mümkün olduğu kadar yoğunlu ve koyu yaparak kalıplamak ve sonra soğuk haddelerek istenilen son kalınlık ölçüsüne getirmek olduğu düşünülür. Bununla beraber sac incelidikçe fiyatı artar. Bizim hesaplarımız en iyi çözümün tozu doğrudan doğruya ince şerit haline gelecek şekilde haddelene metoduna çıkarmıştır, böylece sacın arzu edilen özellikleriyle son kalınlığına indirilmesi çok az bir işleme ihtiyaç gösterir, aynı zamanda bu metodla büyük kapasitede üretim yapmak da kabildir.

Ucuz çeliğin: tozdan haddelenmenin ädi metodu ile toptan üretiminin ortaya attığı güçlükleri yenmek için iki ciddi teşebbüs yapılmıştır. Birincisi Amerikada Republik Çelik Fabrikaları tarafından bulunan usuldü: kızgın kaba parçacıkları doğrudan doğruya haddenin ağızına veriliyor ve orada toplanan bu parçalar yeşil sac için dakikada 30 metre hızla haddelenmeğe yeter derecede dayanıklılık sağlıyorlardı. İkinci metod ise 2 milimetrelilik çelik tanelerinin 950 derece sıcaklıkta doğrudan doğruya haddelenerek şerit haline getirilmesi idi ki Federal Almanyada Schloemann firması tarafından bulunmuştu. Şu anda bu iki metoddan hangisinin daha ekonomik olacağını söylemek kabil değildir. Biz daha fazla sıkıştırma maddesini besleyen yeni bir metod üzerinde durmaktayız.

Birçok yıllardan beri çelik şeritleri tozdan bir tabaka ile kaplamakla uğraşmaktaydık. Yakın zamanda bu iki İngiliz firması tarafından başarı ile piyasaya çıkarıldı. Alüminyumun tozla kaplanması için yapılan ilk denemelerde sıkıştırmadan önce kaplamanın sac yüzeyine yapışabilmesi için elektrostatik çöküntü tekniğinden faydalanılmıştı. Bazı işlem şartlarında, çelik altlığın üstünden, haddede sıkıştırdıktan sonra bir kabuk gibi soyulabilecek türdeş bir alüminyum toz çöküntüsü elde etmek kabil oluyordu. Bundan sonra bir ka-

plama işlemine tâbi tutulan örnekler iyi özellikler gösteriyorlardı.

İngiliz araştırma gurubu bu teknik üzerinde yeni incelemeler yaptı. İlk incelemelerde basit ölçü âletleri ve çekimden faydalanarak haddelerin beslenme metodu kullanıldı ve geçici bir altlık üzerine kaplama ve sıkıştırma, ve sonradan bu kabuğun soyulması fikri daha çekici bulundu. Bundan sonraki incelemelerde ise tozun bir çamur haline getirilerek haddeye tam ölçülü surette ve kendi kendini tutabilen dayanıklı, bir demir tozundan ve birleştiriciden bir araya gelen bir film şeklinde verilebilen bir metoddan faydalanıldı ki bu film sonradan altlıktan, sıkıştırmadan önce bir kabuk gibi soyuluyordu. Bu teknik BISRA TSP işlemi adını alır. (BISRA=Britanya Demir Çelik Araştırma Kurumu, TSP = (tozdan yapılan ince sac).

BISRA-TSP işleminde ilk kademe demir tozundan türdeş sulu bir çamur ve birleştirici bir film meydana getirmektir. İstedildiği birleştirici düşük yoğunlukta sulu bir eriyikte kullanılabilecek ve tozun iyi bir surette asılı kalmasını, tutmasını sağlayacak yeteneğe sahip olmalıydı. Aynı zamanda o geniş bir viskosite alanında elde bulunabilmeli ve kuruduğu ve kalıplama işlemlerinde dışarıya çıkarıldığı zaman kendi kendini tutabilecek kadar dayanıklı olmalıydı.

Sıkıştırma sırasında bağlayıcı sıkıştırılan şeridin yoğunluğunu arttırmak amacıyla bir yağlama maddesi görevini görmeli ve parçacıkları daha sıkı bir şekilde birbiriyle birleştirmelidir. İyi sonuç veren tipik bir formül ağırlığın % 70 i demir tozu, % 29,4 ü su, % 0,6 sı da suda eriyebilen bir bağlayıcı. Bir çok demir tozu çeşitleri denendi ve iyi sonuç verdiler ve çamurun viskositesi çöküntü metoduna uyacak şekilde 100.000 den 1000 sentipuya kadar değiştirilebildi.

Ekonomik olabilmesi için devamlı yağ kaplamaların dakikada 50-250 metrelilik bir hızla konulması şarttır. Haddelerek kaplama metodlarıyla beraber perde kaplama veya haddeden çekme gibi daha başka metodlarda incelenmekte ve denenmektedir. Haddelerek kaplamada çamurun viskositesi 1000-5000 sentipuya arasında olmaktadır ki, bu gibi düşük viskositelerde tozun çökmesine mani olmak için çamurun devamlı karıştırılması gerekmektedir.

Kaplamanın tam olabilmesi için altlığın ölçülerinin değişmemesi, şeklinin iyi ve yüzeyinin pü-



Normal kalıp tekniğiyle BISRA yumuşak çelik levhalarından yapılan gereçler. Bunlar esas itibarıyla sonra teneke haline getirilmekte ve özellikle konserve endüstrisinde kullanılmaktadır. Arkada otomobil radyatörleri parçaları görülmektedir.

rüzsüz perdelanmış olması gereklidir. Aslında o, üstündeki kaplamaya kuruyuncaya kadar ve ilk olarak merdane ile sıkıştırılınca kadar bir destek görevini görmek üzere düşünülmüştür. O ya sonradan atılabilecek kâğıt veya polythenden olacak ve kalıplamadan önce veya kalıplama sırasında çıkarılabilecek, veyahut hadde tezgâhından geçerken sonsuz bir bant teşkil edecek kadar sert ve dayanıklı olacaktır. Bununla beraber çıkarılıp atılan altlıkların çok pahalı ve elde edilen sonuçların çok değişik olduğu görüldü. Sonradan kabul edilen metod, demir tozu çamurunu sonsuz bir bant üzerine dökerek orada tam hesap edilmiş miktarda demir tozu kapsayan türdeş ve kendi kendini destekleyen bir film olacak şekilde kurutmak oldu.

BISRA'nın ilk deneme kaplama ünitesi birbiriinden 7,5 metre uzaklıkta bulunan 75 santimetre çapında iki makara arasına gerilmiş 30 santim genişliğinde ve 1 millimetre kalınlığında paslanmaz çelikten bir banttir. Çamur dört silindirden meydana gelen özel bir kalıplama tezgâhı vasıtasıyla ilk makaranın yakınına konmuştu. Bu ünite devamlı olarak dakikada 2 metrelik bir hızla 0,4-1,0 millimetre kalınlığında kaplamalar yapılabiliyordu. Film 30 saniye kadar bir zaman sonra kuruyordu, bunun için de bandın altına kuvarst halogen ısıtıcıları konuluyor ve bandın üzerinde iki vantilatör ayrıca su buharını almak ve kabarmasının önüne geçmek üzere sıcak ve soğuk hava püskürtüyorlardı. Filmin altlıktan çıkarılması, onun kuruduğu sırada kendini bir parça çekmesinden dolayı oldukça kolaylaşıyordu.

Alınan demirtozu/bağlayıcı film esnek ve tamamıyla dayanıklı ve kalıplama tezgâhına taşınabilecek durumdadır. Bu kalıplama tezgâhı iki yüksek silindirden teşekkül eder ve yüksek kalitede yeşil saç üretir. 25 santimetre genişliğine kadar yeşil şeritler dakikada 2 metre hızla kalıplanamışlardır, kısa boylarda bu hız dakikada 15-155 metreye kadar çıkmıştır.

Kalıplama 0,25 millimetre kalınlığa kadar bir hat üzerinde yapılabilmüş ve fırın ısı derecesine göre örnekler 7-11 saniyede alınabilmıştır. Bağlayıcı tamamıyla yandıktan sonra kalıplama sonucunda çekme dayanıklılığı yaklaşık olarak 154 MN/m² olan ve uzaması % 1 ve teorik yoğunluğunun % 90 ını bulan bir şerit meydana gelir.

Lâboratuvar atelyesindeki kalıplama fırını 45 KW'lık bir kovanlı elektrik fırınıdır. Dörtgen şeklindeki kovanın içi 0,05 X 0,31 metredir. Kızgın bölge Nimonik alaşımından ve su ile soğutulan giriş ve çıkış bölgeleri yumuşak demirdendir. Giriş ve çıkış noktalarına oksijenin içeriye girmesine mani olmak için azot ile doldurulmuş kutular konmuştu. Bir kontrol ve karıştırma ünitesi vasıtasıyla da fırında bir hidrojen ve azot atmosferi sağlanmış olur. Gazlar her iki notrojen kutusundan kısa bir uzaklıkta iki diik tüpün tepesinde yakılırlar ve dışarı çıkarlar.

Fırın içinde bulunan krom nikel tellen örülmüş agdan bant üzerine şeridin başlangıcı konulur ve bu hat hızında ilerlemeğe devam eder. Şeridin başlangıç ucu bir kere fırının içinden geçti

mi, artık şerit doğrudan doğruya makara tarafından çekilecek kadar dayanıklılık kazanır ve ağıdan bant durdurulur. Şerit artık kangal halinde sarılır veya ikinci bir hadde tezgâhından geçirilir.

Sürecin son üç kademesi kalıplanmış yeşil şeridin haddeden geçirilmesiyle başlar, böylece şeride nominal uzunluğu verilmiş ve tamamiyle dayanıklı bir malzeme elde edilmiş olur. Buna benzeyen ikinci bir kalıplama da dayanıklılığı ve yamaşıklılığını artırır. Son olarak bir pedah haddelenmesi de şeridin şeklini düzeltir, yüzeydeki pürütükleri düzleştirerek kaliteyi iyileştirir. Deneylerde bu son kademeler, 0,13 X 0,3 metrelik çalışma silindirleri ve 0,3 X 0,3 metrelik dayanma silindirleri olan dört yüksek hadde tezgâhında yapılmıştır. Tabii bir fabrikada bütün bu kademeler devamlı hat esasına göre yapılacaktır.

İnce şerit ve sacların en fazla kullanıldığı yer teneke imalatı için yapılan yumuşak çelik «kara levha»dır. Yalnız İngilterenin ürettiği miktar yılda bir milyon tonun üstündedir, esas itibarıyla 0,2—0,3 milimetre kalınlığında olmak üzere. Yukarıdan beri açıkladığımız BISRA metodunun gayesi teneke imalinde kullanılacak eski usulardan daha ucuz çelik sac yapmaktır. TSP şeritlerinin bu işe uygun olduğu bu malzemenin kolayca ve ayrıca krom-kromoksit den bir kaplama ile normal elektroliz usulü ile kaplanmış olması ve çok iyi sonuç vermesiyle ispat edilmiştir. Fakat için kritik noktası satış fiyatıdır.

Ekonomik hesaplar tozun maliyeti ile başlar. Akla yakın gelen üretim metodu ya kimyasal yoldan, ya da sıvı halindeki bir dökümü püskürterek zerrelelere ayırmaktır. Ton başına bu püskürtmenin sıcak döküm giderleri dışında ton başına 22 dolara (yaklaşık 330 TL.) mal olacağı tahmin edilmiştir.

Bizim hesaplarımıza göre tozdan ince çelik sac yapmak hemen hemen bugünkü yapıma metodları kadar ucuzda imal edilebilir, bunun yanında sermaye giderlerinden de % 30 oranında bir tasarruf sağlanmaktadır. Bu da BISRA sürecinin büyük bir üstünlüğüdür. İkinci bir üstünlüğü ise 0,25 milimetrelik kara levha imalatının ekonomik ölçülerde yılda 125.000 ton olarak yapılabilmesini mümkün kılmasıdır, halbuki bugün yıldıki minimum üretim 500.000 tondur.

Buna rağmen kara levhaların tozdan yapılabilmesi uzun vadeli bir proje olarak görülmektedir, ihtiyaç gösterilen toz miktarının nispeten çok olması ve ekonomik bir işlem için yüksek hat hızlarının gerekli bulunması buna sebeptir. Fakat

kısa vadeli projeler de vardır, meselâ önceden alışılmayan bir tozdan ince paslanmaz çelik şeritlerinin dakikada 6 metrelik bir hat hızında imal edilmesi gibi. Günde 3 vardiya çalışılmak suretiyle bu hızla yılda 800 ton ince şerit elde etmek kabildir, ve küçük miktarlarda paslanmaz çeliğin tonu 950 İngiliz lirası olduğu halde, bu büyük üretim için 400 İngiliz lirasına düşebilir.

Biz geniş ölçüde tozdan ince çelik sac üretiminin 1974-1975 den önce kabil olacağını tahmin etmiyoruz, bununla beraber özel malzemelerin bu metoda imalinin 1971-72 de başlayabileceğine inanmaktayız.

Bu yeni metodun geleneksel üretim metodlarına nazaran üstünlüğü nedir? TSP sürecinde ince saclar ve şeritler yapmak üzere oldukça ucuz olan küçük parçacıkların kullanılması geleceğin daha çabuk değişikliklere sahne olacak piyasasının ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilecektir. Nisbeten düşük olan haddeleme yüklerinden dolayı yumuşak çelik ve paslanmaz çelik sacları için 3,5 metre genişliğe kadar normal olarak kâğıt endüstrisinde kullanılan cinsten hadde tezgâhları geliştirmek kabil olacaktır. Ayrıca sürecin uygun bir kademesinde filmlerin birleştirilmesi suretiyle ince metal tabakaları imal etmek de mümkün olacaktır.

İmkânsız olmamakla beraber magnetik alaşımlardan ince sac çekilmesi çok güçtür, halbuki toz metodu ile bu oldukça kolaylaşmaktadır.

Bundan mada ki bu çok büyük önem taşımaktadır, toz metodu ince sacların kuvvetli ve sert liflerle veya kristal kırıllarıyla tekyevine de imkân vermektedir. Ayrıca metal sacların imalinden başka yumuşak ve paslanmaz çelik tabakalarının plastik, kâğıt ve başka malzemeler ile beraber bir bütün olarak yapılmasını da öngörmekteyiz. Meselâ ince paslanmaz çelikten yapılmış oluklu sacların her iki tarafına kaplanacak kolyurethane köpük, binalar, taşıtlar ve yük konteynerleri için mükemmel bir malzeme olacaktır. Hem hafif, sağlam hem de ısıya karşı iyi izole maddesi, hem de aşınmağa, çizilmeğe, hava değişikliklerine ve korozyona karşı dayanıklı.

Çok ince tabakalar halinde toz metodu ile paslanmaz çelikten bir levha iki tarafında 50 milimetre kalınlığında köpüklü polyurethane, bina yapımı endüstrisinde ısıya karşı izole maddesi olarak duvar kaplaması veya çatı malzemesi şeklinde kullanılabilir.

Aynı özelliklerinden faydalanarak bundan taşıt ve başka yapı işlerinde de faydalanmak kabil-

