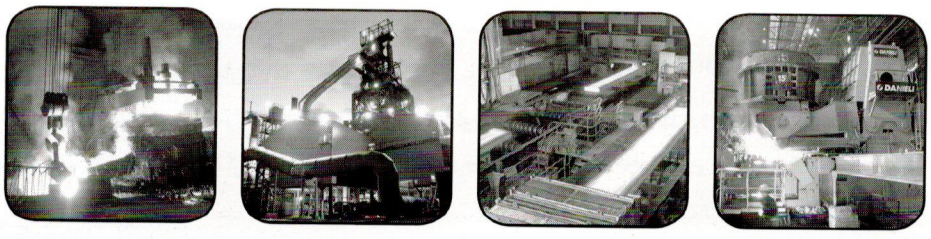
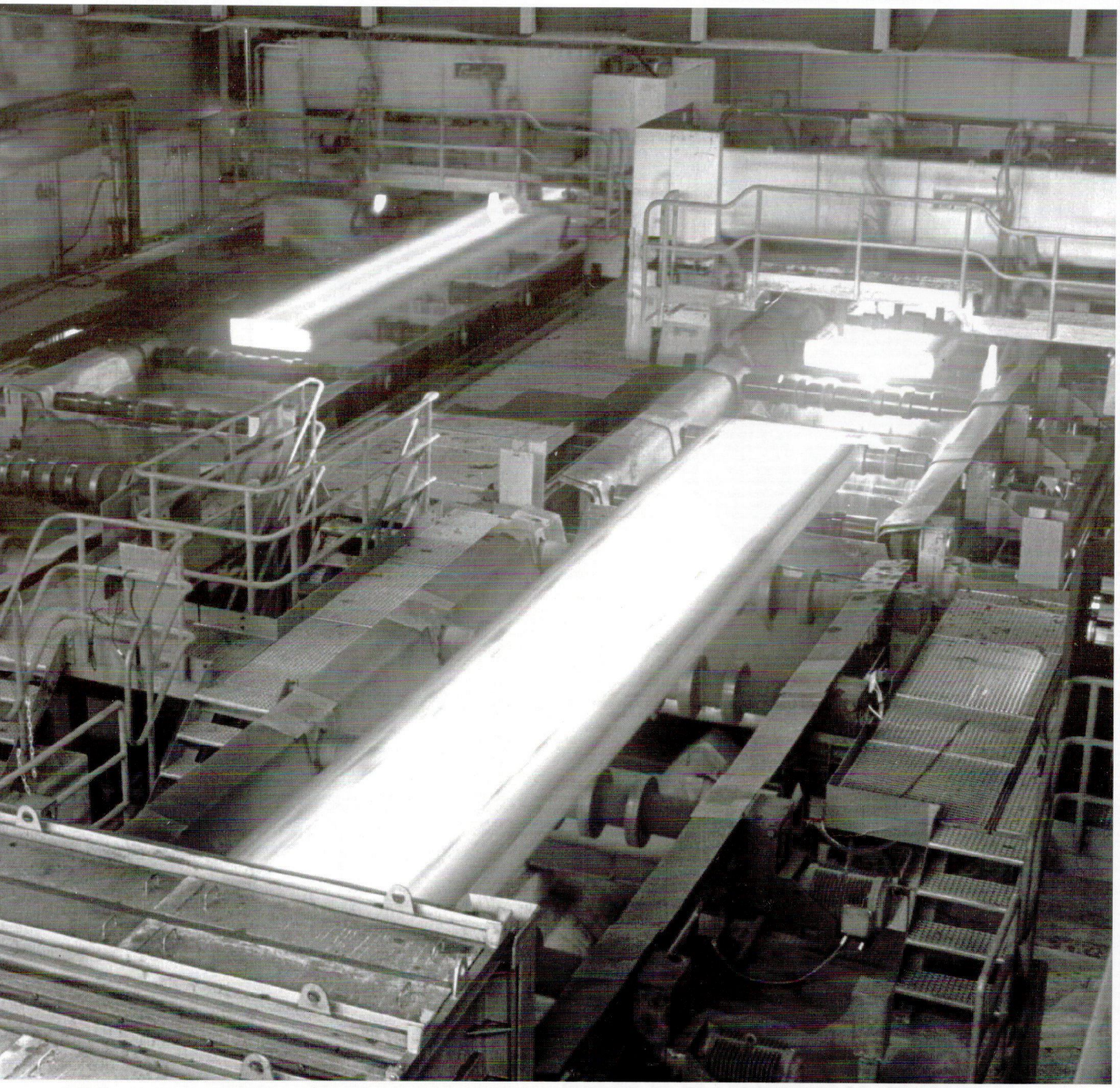
www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

طراحی و مدلسازی کانال‌کشی تاسیسات هوارسانی به کارخانه فولاد تولید کلاف میلگرد با استفاده از نرم‌افزار

نویسنده: مهرزاد خراسانی، کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی
مدیر بخش تاسیسات شرکت فولاد بهشهر





www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

چکیده

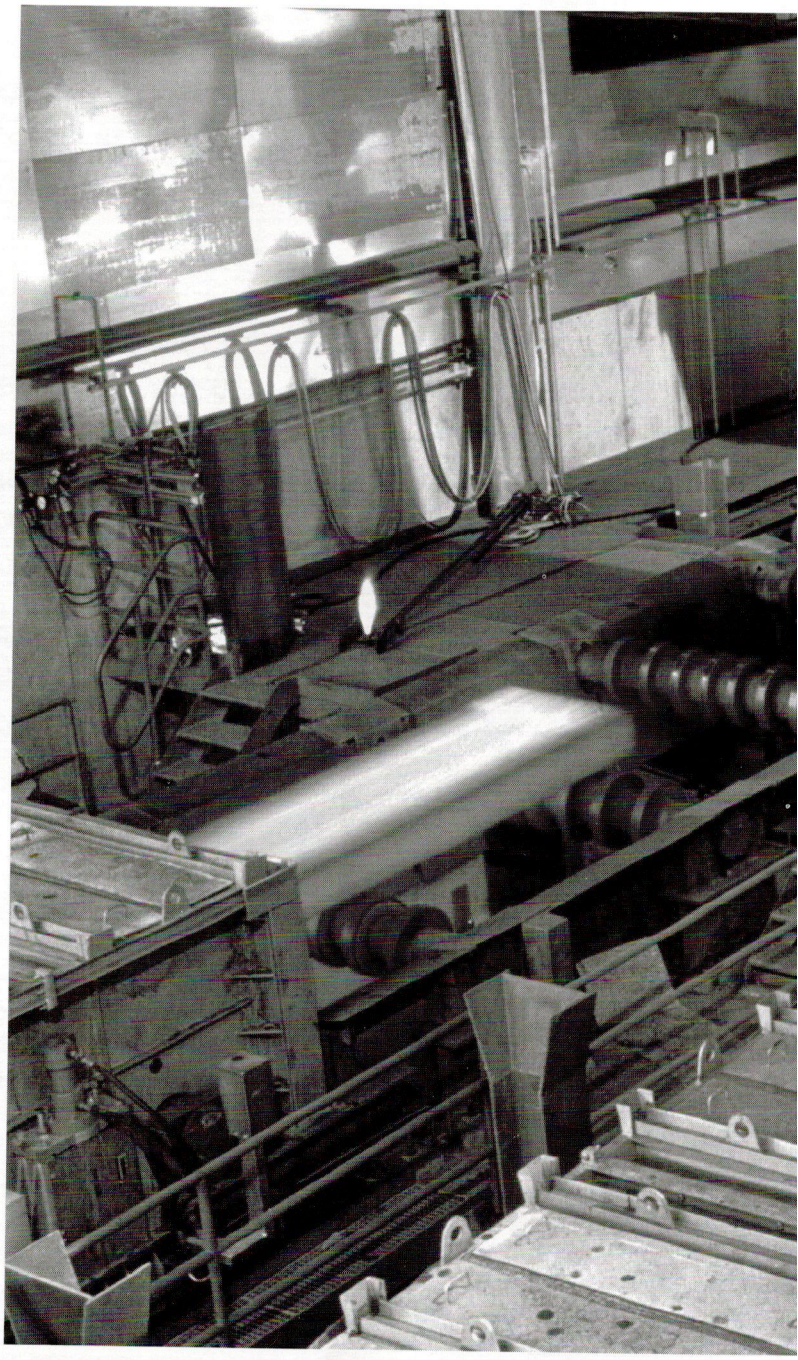
در ایـــن پروژه که جهت هوارســـانی به کارخانـــه فولاد تعریف شده اســـت، هوای مورد نیاز روی دســـتگاه‌های خنک‌کن میلگرد (ترمیکس) تأمین می‌گردد، لذا از تعدادی هواســـاز اســـتفاده شده است که در اتاقکی در کنار ساختمان اصلی کارخانه فولاد جانمایی شده اســـت. هواسازهای جهت کنترل میزان درجه حرارت، رطوبت نســـبی، کنترل میزان آلودگی هوا از گرد و غبار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در طراحی این پروژه جهت طراحی کانال هوا، مسیر کانال‌کشی و هواســـازهای مناســـب پروژه، افت فشـــار کانال‌ها توسط نرم‌افزار مربوطه محاســـبه و در نهایت میزان افت فشـــار مورد نیاز هواسازها تعیین شـــده است. در محاسبات انجام شـــده از اتاقک هواسازها تا مصرف‌کننده‌ها از تجهیزات ذیل استفاده شده است:

کانال هوای ورودی به هواســـازها، دریچه ورودی هوا، هواســـاز، فیلتر هواساز، زانویی ۴۵ درجه، پلنیوم هوا در زیر زمین، کانال بتنی، زانویی ۴۵، زانویی ۹۰، زانویی z-shape

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

www.takban.com تکبان TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران



R_e	عدد ریتولدز	Q	دبی حجمی
ρ	چگالی	A	مساحت
μ	ویسکوزیته	V	سرعت
ε	زبری	h_v	افت فشار سرعتی
f	ضریب اصطکاک	L	طول
h_f	افت فشار اصطکاکی	D_e	قطر معادل
θ	درجه	a	عرض کانال
C	ضریب افت فشار	b	ارتفاع کانال

جدول۱: علائم اختصاری

مجموع افت فشار تجهیزات فوق میزان افت فشاری خواهد بود که هواساز باید بر آن غلبه کند و هوا را با دبی تعیین شده به دستگاه‌ها برساند.

کلمات کلیدی: کانال‌کشی، ضریب اصطکاک، افت فشار اصطکاکی، افت فشار سرعتی، ضریب افت فشار، قطر معادل

۱- مقدمه

در پروژه حاضر محاسبات کانال و تعیین ابعاد آن‌ها با توجه به سرعت مناسب انجام شده است تا هوای مورد تازه مورد نیاز کارخانه فولاد را تأمین نماید.طبق محاسبات اولیه میزان دبی هوای مورد نیاز کارخانه ۳۱۵۰۰۰ cfm می‌باشد.

در این مقاله نحوه محاسبه میزان افت در مسیر ابتدای هواسازها تا دریچه‌های مصرف‌کننده ارایه خواهد شد. هوای مذکور توسط ۱۰ دستگاه هواساز به ظرفیت هر دستگاه ۳۱۵۰۰ cfm تامین می‌شود، با توجه به مسیر مشترک هوا از اتاقک هواسازها به کارخانه فولاد، افت فشار مسیر برای ۱۰ دستگاه هواساز یکسان محاسبه گردیده است.

۲- مدلسازی کانال‌کشی هوا در نرم‌افزار

جهت تعیین میزان افت فشار مورد نیاز هوارسان‌ها کانال ها به دو بخش تقسیم شده است. بخش اول افت فشار در اتاقک هواسازها تا ابتدای کانال بتنی و بخش دوم از خروجی کانال هوا در اتاقک هواسازها تا مصرف‌کننده‌های داخل کارخانه. همچنین کلیه اختصارات موجود در محاسبات انجام شده در این پروژه بر مبنای جدول ۱ می‌باشد.

۲-۱- کانال هوای ورودی به هواسازها

با توجه به کاتالوگ سازنده ابعاد پیشنهادی دمپر ورودی هواسازها ۲*۹۵۰*۱۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد لذا از ۲ کانال موازی به ابعاد ۹۵۰*۱۴۰۰ استفاده می‌گردد.

با توجه به نرم‌افزار ASHRAE Duct Sizing داریم:

h_1=0.01 inwg

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع
www.iranjahesh.com ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کویل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

دریچه ورودی هوا

به منظور جلوگیری از ورود اشـــیای بزرگ، پرندگان و همچنین جهت مکش هوای تازه از فضای باز اطراف ســـاختمان اتاقک هواسازها در دیوار خارجی برای داکت هر هواساز، توری به ابعاد ۲*۳ متر مربع در نظر گرفته می‌شود. افت فشار توری حدود ۰/۲ inwg می‌باشد.

h_2=0.2 inwg

هواساز

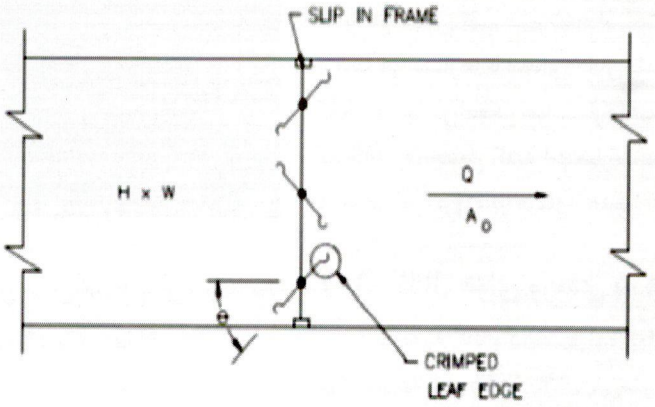
باتوجه به کاتالوگ ســـازنده و cfm مورد نیاز هر هواســـاز از مدل ۳۰۰۰ استفاده می‌شود که به توجه به ابعاد هواساز ،سرعت هوا در هر هواساز در حدود ۵۰۰تا ۶۰۰ fpm می‌شود. افت فشار موجود در یک دستگاه هواساز شامل افت فشار مربوط به فیلتر، کویل، فن و دمپرهای ورودی و خروجی می‌باشـــد، محاســـبات افت فشار با توجه به مقادیر اعلام شده درکاتالوگ سازندگان هواساز محاسبه می‌گردد. جهت ایزوله کردن قسمت مکش هر هواساز، دو عدد Opposed blade damper در ورودی هر هواساز نصب می‌گردد با فرض این‌که ابعاد این دمپرها "۵۶ *"۳۸ باشد افت فشار آن با توجه به خروجی نرم‌افزار ۰/۲ inwg می‌باشد.

h_3=0.2inwg

افت فشـــار قســـمت فیلتر هواساز با فرض اســـتفاده از دو نوع فیلتر که جهت تأمین هوای تمیز و عاری از گرد و غبار مورد استفاده قرار گیرد (شـــامل یک ردیف فیلتر آلومینیومی و یک ردیف Bag Filter) مطابق کاتالوگ شـــرکت Camfil محاســـبه شده است. افت فشار Bag Filter در زمان کارکرد در حدود ۰/۸ inwg و برای فیلتر آلومینیومی ۰/۲ inwg می‌باشـــد در نتیجه افت فشـــار کل در فیلتر بانک هواساز معادل ۱ inwg خواهد شد.

h_4=1 inwg

INPUTS			OUTPUTS	
Height (H, in.)	38.0		Velocity (Vo, fpm)	1015
Width (W, in.)	56.0		Vel Pres at Vo (Pv, in. wg)	0.06
Angle (Theta, deg.)	20		Loss Coefficient (Co)	3.15
Number of Blades (N)	5		Pressure Loss (in. wg)	0.20
Flow Rate (Q, cfm)	15000			



$$L/R = \frac{N\,W}{2(H+W)}$$

where

N = number of damper blades
W = duct dimension parallel to blade axis, in. (mm)
H = duct height, in. (mm)
L = sum of damper blade lengths, in. (mm)
R = perimeter of duct, in. (mm)

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
نگبان کنترل انرژی
TAKBAN
پیشگذار و تنها تولیدکننده پیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

افت فشار ایجاد شده در داخل هواساز بواسطه کویل ها و اتصالات ورودی و خروجی مطابق مرجع [۳] در حدود ۱ inwg در نظر گرفته می‌شود.

h_5=1 inwg

جهت ایزوله کردن قسمت خروجی هواساز در زمان Standby و همچنین جهت راه‌اندازی فن نیاز به دو Opposed blade damper در خروجی هر هواساز می‌باشد. با فرض اینکه ابعاد این دمپرها "۳۸ * "۵۶ باشد افت فشار آن همانند دمپر ورودی ۰/۲ inwg می‌باشد.

h_6=0.2 inwg

www.iranjahesh.com
ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
SEDNA سدنا
www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

زانویی ۴۵ درجه

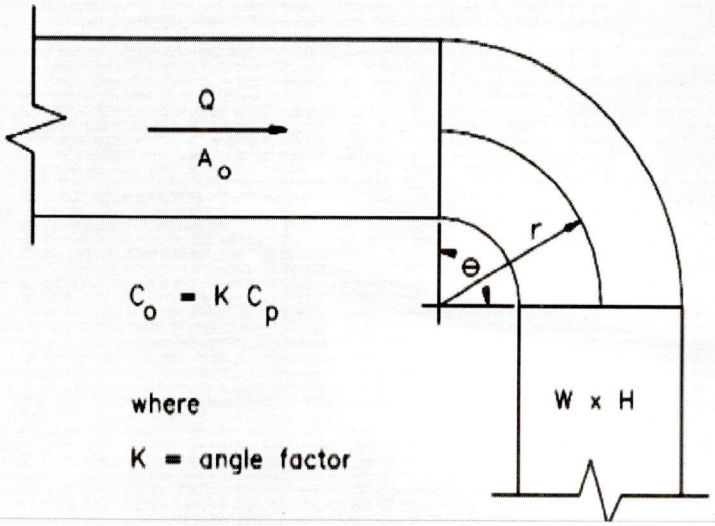
خروجی هر هواساز با زاویه ۴۵ درجه به کانال بتنی که ابعاد آن "۳۲*"۶۶ می‌باشد متصل می‌شود، مطابق خروجی نرم افزار افت فشار این قسمت inwg ۰/۰۳ خواهد شد.

h_7=0.03 inwg

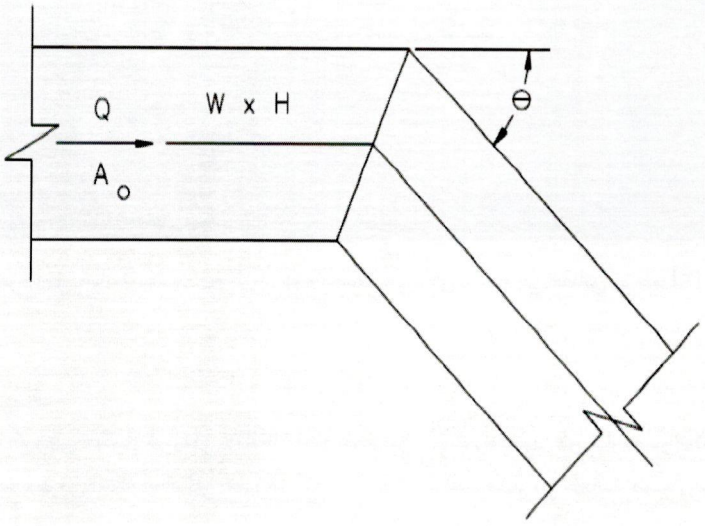
h_8=0.29 inwg

h_9=0.09 inwg

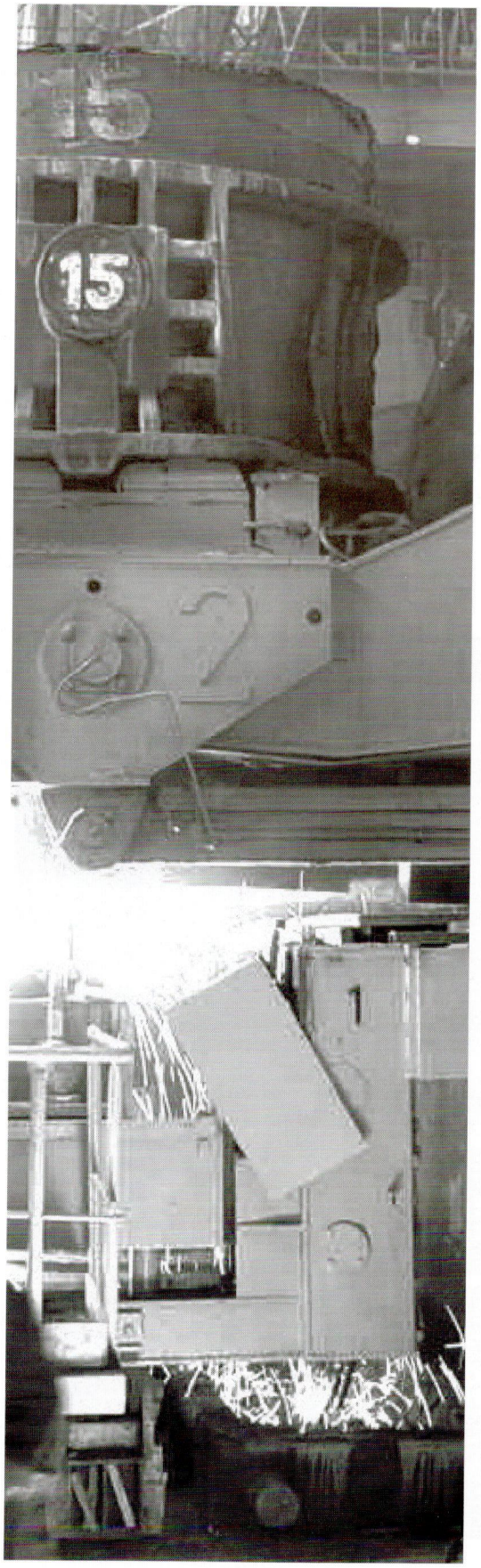
INPUTS			OUTPUTS	
Width (W, in.)	66.0		Velocity (Vo, fpm)	2148
Height (H, in.)	32.0		Vel Pres at Vo (Pv, in. wg)	0.29
Centerline Radius (r, in.)	40.0		Loss Coefficient (Co)	1.02
Angle (Theta, deg.)	90		Pressure Loss (in. wg)	0.29
Flow Rate (Q, cfm)	31500			



INPUTS			OUTPUTS	
Width (W, in.)	32.0		Velocity (Vo, fpm)	2148
Height (H, in.)	66.0		Vel Pres at Vo (Pv, in. wg)	0.29
Angle (Theta, deg.)	45		Loss Coefficient (Co)	0.31
Flow Rate (Q, cfm)	31500		Pressure Loss (in. wg)	0.09



www.takban.com
تکبان
کنترل انرژی
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص



پلنیوم هوا در زیر زمین

با توجه به استاندارد ASHRAE سرعت مناسب و بهینه برای پلنیوم ۲۰۰۰ fpm در نظر گرفته شده است. در این مقطع خروجی هوای هواساز با زاویه ۴۵ درجه به پلنیوم زیر زمینی که سطح مقطع آن ۳*۵ مترمربع و طول آن حدود ۹۶ متر می‌باشد منتقل شده و از انتهای پلنیوم وارد کانال f-۵ شود. لازم بذکر است فاصله بین ورودی‌ها از هر جفت هواساز به پلنیوم ۷/۵ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به بیشترین دبی هوای ورودی به پلنیوم اندازه آن محاسبه می گردد. در ادامه مسیر افت فشار پلنیوم هوا با دبی هوای ۳۱۵۰۰۰ cfm و به طول ۹۶ متر با سطح مقطع ۵ * ۳ مترمربع به صورت ذیل محاسبه می‌شود.

$$a = 5000mm = 16.4\ ft$$

$$b = 3000mm = 9.84\ ft$$

$$L = 96000\,mm = 310.08\,ft$$

$$A = 161.4\ ft^2$$

$$Q = 315000\ CFM$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{315000}{161.4} = 1951.67\ \text{fpm}$$

$$D_e = 1.3\frac{(a\times b)^{0.623}}{(a+b)^{0.23}} = 1.3\frac{(16.4\times 9.84)^{0.623}}{(16.4+9.84)^{0.23}} = 14.56\ \text{ft}$$

$$h_v = 0.83(\frac{V}{4005})^2 = 0.83(\frac{1951.67}{4005})^2 = 0.2\text{in.wg}$$

$$\text{Re} = 0.83\frac{\rho\times V\times D_e}{\mu} = 0.83\times\frac{0.075\times 1951.67\times 14.56}{0.00072} = 2.46\times 10^6$$

$$\varepsilon = 0.0005\ \text{ft}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0000343483$$

با مراجعه به دیاگرام مودی:

h_{10}=0.06261 inwg

www.iranjahesh.com
ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
SEDNA سدنا
www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی - ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

در انتهـای پلنیـوم کانال بتنی با ابعاد ۳*۳ مترمربع به حالت ۹۰ درجه به آن متصل می‌گردد. افت فشـار زانویی ۹۰ درجه به صورت ذیل می‌باشد:

$C0 = 0.53$ [2]

$h_{11}=0.3$ inwg

لذا میزان مجموع افت فشار داکت‌ها و تجهیزات درون ساختمان اتاقک هواسازها تا ورودی به کانال بتنی به صورت ذیل می‌باشد:

$$H_f = \sum_{1}^{11} h_i = 3.38 inwg$$

۲-۲- کانال بتنی

این کانال وظیفه ارتباط هوای تولیدی در ساختمان اتاقک هواسازها را به فضاهای مورد نیاز در کارخانه فولاد می‌رساند. ابعاد این کانال بتنی در کل مسیر ثابت و ۳*۳ متر مربع بوده و دارای چندین زانویی با زوایای مختلف می‌باشد.

افت فشار طول مستقیم کانال بتنی

طول کل مسیر داکت بتنی بدون در نظر گرفتن زانویی‌های مختلف تقریباً برابر ۹۵ متر (۳۱۲ فوت) می‌باشد.

$a = 3000mm = 9.84\ ft$

$b = 3000mm = 9.84\ ft$

$L = 95000mm = 312\ ft$

$A = 96.8\ ft^2$

$Q = 315000\ CFM$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{315000}{96.8} = 3254 \text{ fpm}$$

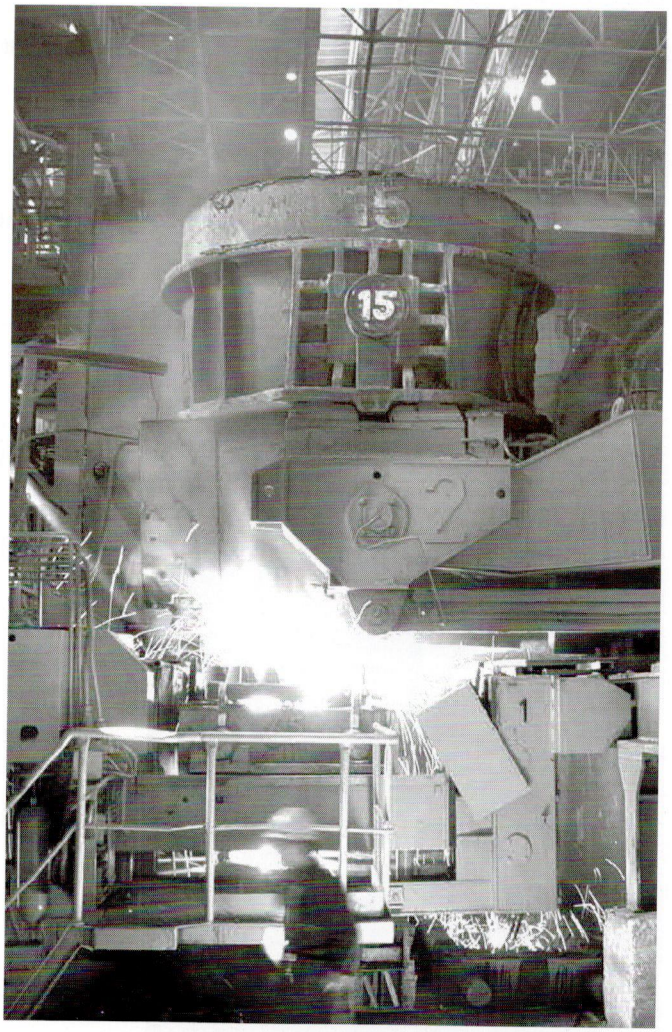
$$D_e = 1.3\frac{(a\times b)^{0.623}}{(a+b)^{0.23}} = 1.3\frac{(9.84\times 9.84)^{0.623}}{(9.84+9.84)^{0.23}} = 11.31\text{ft}$$

$$h_v = 0.83(\frac{V}{4005})^2 = 0.83(\frac{3254}{4005})^2 = 0.55 \text{ in.wg.}$$

$$\text{Re}=0.83\frac{\rho\times V\times D_e}{\mu} = 0.83\times\frac{0.075\times 3254\times 11.31}{0.00072} = 3.2\times 10^6$$

$\varepsilon = 0.0005$ ft

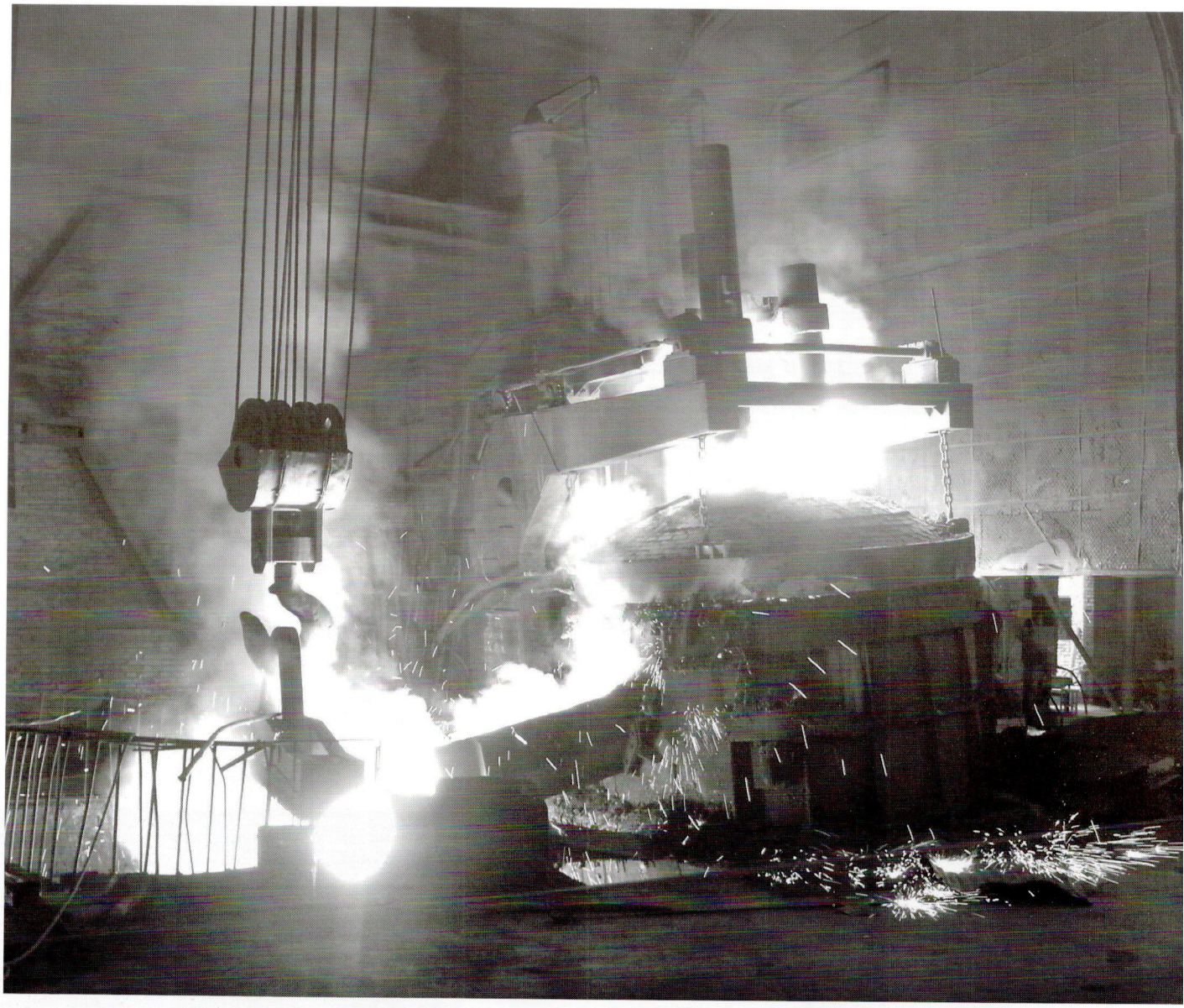
$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0000441958$$



www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
نگین
TAKBAN
تبیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / یکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص



با مراجعه به دیاگرام مودی خواهیم داشت:

$$f = 0.0162$$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times h_v = 0.0162 \times \frac{312}{11.31} \times 0.55 = 0.25 \text{ in.wg.}$$

$h_1 = 0.25$ inwg

زانویی‌های 45°

تعداد این نوع زانویی‌ها ۴ عدد می‌باشد. میزان افت فشار مجموع این زانویی‌ها به شرح زیر می‌باشد:

تعداد زانویی 45° = 4

$$\frac{H}{W} = 1$$

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع
www.iranjahesh.com ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کویل، داکت اسپیلت و کرمایش کفی

$\theta = 45°$

با مراجعه به مرجع شماره [۲] میزان ضریب افت عبارت است از:

$C0 = 0.34$ [2]

$h_f = n \times C_0 \times h_v = 4 \times 0.34 \times 0.55 = 0.75$ in.wg $h_v = 0.83(\frac{V}{4005})^2 = 0.83(\frac{3254}{4005})^2 = 0.55$ in.wg.

زانویی‌های 90°

تعداد این نوع زانویی‌ها ۱ عدد می‌باشد. چنان‌چه تعدادی پره جهت کاهش افت فشار در این مقطع کار گذاشته شود با مراجعه به مرجع شماره [۴]ضریب افت عبارت است از:

$C_0 = 041$ [4]

$h_v = 0.83(\frac{V}{4005})^2 = 0.83(\frac{3254}{4005})^2 = 0.55$ in.wg.

$h_f = C_0 \times h_v = 0.41 \times 0.55 = 0.23$ in.wg.

h_3=0.23 inwg

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
تکبان
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

زانویی Z-shape

تعداد این نوع زانویی‌ها ۱ عدد می‌باشد. چنان‌چه این زانویی را دو عدد زانویی ۹۰ درجه فرض کنیم مطابق بند ۴-۳ میزان ضریب افت عبارت است از:

$C_0 = 0.41$ [4]

$$h_v = 0.83(\frac{V}{4005})^2 = 0.83(\frac{3254}{4005})^2 = 0.55 \text{ in.wg.}$$

$$h_f = C_0 \times h_v = 2 \times 0.41 \times 0.55 = 0.451 \text{ in.wg}$$

h_4=0.451 inwg

کانال بتنی قبل از ورود به کارخانه فولاد ، از یک تبدیل عبور می‌نماید. ابعاد خروجی این تبدیل ۲*۳ متر مربع می‌باشد، همچنین نوع اتصال کانال بتنی به این تبدیل به صورت Expansion و درصورتی‌که زاویه آن ۲۰ درجه باشد، با مراجعه به مرجع شماره [۱] میزان ضریب افت عبارت است از:

$$h_f = n(h_{v2} - h_{v1})$$

N=0.82

$A_1 = 9 \text{ m}^2 = 96.8 \text{ ft}^2$ سطح مقطع داکت بتنی $3 \times 3 \, m^2$

$A_2 = 6 \text{ m}^2 = 64.58 \text{ ft}^2$ سطح مقطع داکت بتنی $3 \times 2 \text{ m}^2$

$$V_2 = \frac{315000}{64.58} = 4877.67 \text{ fpm}$$

$$V_1 = \frac{315000}{96.8} = 3254.13 \text{ fpm}$$

$$h_{v2} = 0.83(\frac{4877.67}{4005})^2 = 1.23 \text{ in.wg}$$

$$h_{v1} = 0.83(\frac{3254.13}{4005})^2 = 0.55 \text{ in.wg}$$

$$h_f = n(h_{v2} - h_{v1}) = 0.82(1.23 - 0.55) = 0.56 \text{ in.wg}$$

h_5=0.56 inwg

بنابراین میزان کل افت فشار داکت بتنی 5-F به قرار زیر است:

$$H_f = \sum_1^5 h_i = 2.241 \text{ inwg}$$

www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع
www.iranjahesh.com ایران جهش Iran Jahesh
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به محاسبات دبی هوای تولیدی هواسازها ۳۱۵۰۰cfm با افت فشار داخل اتاقک هواسازها تا مصرف‌کننده‌های درون کارخانه ۵/۶۲۱ inwg می‌باشد.

۴- مراجع

۱- طباطبایی، سید مجتبی - کتاب محاسبات تاسیسات ساختمانی-چاپ هشتم سال ۱۳۸۱

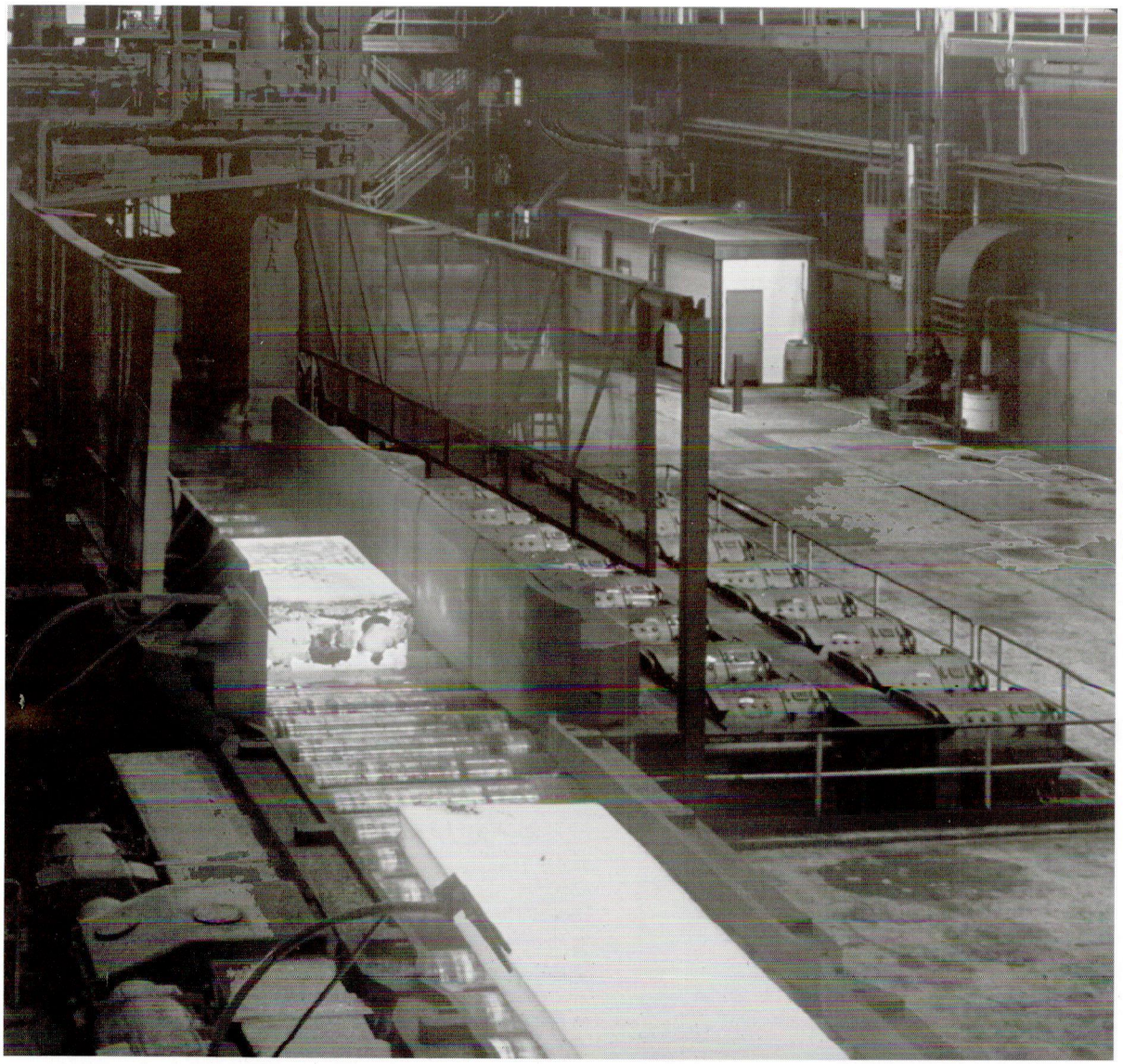
۲- تهرانی، جواد- کتاب تاسیسات- سال۱۳۷۷

۳- منصوری یزدی، فرزاد -کتاب روش نوین محاسبات و مبانی طراحی تاسیسات

4- ASHRAE HAND BOOK, PUBLISHED 2008

5- SMACNA STANDARD ,SECOND EDITION,2004

6-Software, ASHRAE Duct Fitting Database,2008



www.omranekavir.com
مشاور، طراح و مجری تاسیسات مکانیکی - تهویه مطبوع

www.takban.com
نگین کنترل انرژی
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولید کننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

شرکت فراسرد
www.farasardco.com
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / یخچال سرده کننده شیر / تجهیزات بروده‌ای خاص