کد مقاله: CCI2100

دومین کنفرانس احتراق ایران
بهمن ماه 1386- مشهد- دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

انجمن احتراق ایران

افزایش راندمان و عمر بیرینگهای برنرهای تولید بخار HP و بهبود شعله از طریق اصلاح طراحی

محمدمهدی قیامی[1]،اسدالله رستگارپور[2]، سیدرضا قاسمی شهری[3]

بجنورد، پتروشیمی خراسان
mmghiami@yahoo.com

چکیده

با توجه به خرابیهای متعدد برنرهای تولید بخار HP واحد آمونیاک سازی ناشی از برگشت شعله و داغ شدن بیش از اندازه کیسینگ و در نتیجه خرابی بیرینگهای محور آن، که منجر به کاهش تولید 60 الی 80 تن بخار در ساعت به دلیل از سرویس خارج شدن برنر و حد اقل 10 ساعت زمان تعمیر آن می شد، کار تحقیقاتی و بررسی اشکالات طراحی و ساخت برنر آغاز شد که در نتیجه با تغییر زاویه سوراخهای گاز خروجی از نازلهای برنر و بهینه سازی تعداد و قطر آنها باعث ایجاد محدوده یکنواخت سوخت حول محور چرخش و عمود بر مسیر جریان هوا و اختلاط بهتر سوخت و هوا گردید که در نتیجه با افزایش ضریب اختلاط گاز و هوا، راندمان بیشتر، شعله بهتر و با فاصله مناسب از کیسینگ برنر و در نتیجه افزایش عمر قطعات برنر به خصوص بال بیرینگهای محور حاصل گردید. همچنین با تغییر زاویه خروج گاز از نازلهای برنر باعث افزایش انتقال حرارت تشعشعی به تیوبهای بویلر و کاهش بسیار زیاد Hot Spot تیوبها و افزایش عمر آنها شده اثرات موثر این تغییر در احتراق بهتر و کاملتر در آنالیز محصولات احتراق خروجی از Stack بویلر کاملا مشهود گردید.

واژه های کلیدی: برنر- نازل- هوزینگ- بلید- مومنتوم- تشعشع- احتراق

1- مقدمه

برنر JOHN ZINC یکی از قسمتهای بسیار مهم بویلر کمکی واحد آمونیاک سازی می باشد که وظیفه اصلی آن تأمین حرارت مورد نیاز کویلهای بویلر جهت تولید بخار فشار بالا (HP) می باشد. لذا از سرویس خارج کردن بویلر جهت انجام عملیات تعمیراتی مستلزم صرف هزینه های زیاد می باشد.

همچنین بر اساس گزارش ارسالی از شرکت ANTISS مبنی بر عدم معامله شرکت JOHN ZINC با شرکتهای ایرانی و تحریم اقتصادی آمریکا و به علت خرابیهای پی در پی برنر ناشی از جام کردن و خرابی بیرینگهای محور آن تصمیم به بررسی و تحقیق در مورد عوامل ایجاد اشکال، اصلاح طراحی و ساخت و در صورت امکان ساخت مجموعه کامل برنر گرفته شد.

با مطالعه و بررسیهای متعدد از نحوه چگونگی تشکیل شعله مشخص شد که به علت بک زدن شعله و داغ شدن بیش از اندازه کیسینگ برنر و بیرینگهای داخل آن باعث از کارافتادگی برنر می شد که علت اصلی ایجاد این مشکل طراحی نامناسب سوراخهای خروج گاز نازلهای برنر تشخیص داده شد.

---

[1] - مهندس مکانیک (ریاست سرویسهای تعمیراتی و کارگاه مرکزی پتروشیمی خراسان)
[2] - مهندس شیمی (مدیریت عامل و رئیس هیئت مدیره)
[3] - مهندس مکانیک (ریاست مجتمع)

Archive of SID

www.SID.ir

با اصلاح و تغییر زاویه سوراخهای گاز خروجی نازلهای برنر و بهینه سازی قطر و تعداد آنها که منجر به افزایش ضریب اختلاط گاز و هوا و احتراق کاملتر و مناسبتر شعله گردید که در نتیجه این طراحی جدید، راندمان و عمر قطعات برنر به خصوص بیرینگهای محور افزایش یافت. با مهندسی معکوس و تهیه نقشه های مناسب ساخت و اعمال طراحی جدید در نقشه ها اقدام به ساخت کامل برنر شد که در حال حاضر تعداد چهار عدد برنر به طور کامل ساخته شده که با راندمان بهتر و عمر کاری بیشتر در سرویس می باشد.

در این مقاله در ابتدا به شرح کامل قطعات مختلف برنر، محاسبات مربوط به اندازه حرکت (MOMENTOM) و تأثیر آن بر سرعت چرخش برنر و شرح مکانیزم حرکت برنر پرداخته می شود. سپس با تشریح مراحل ساخت برنر، محاسبات مربوط به طراحی و ساخت، چگونگی انتخاب متریال مناسب و آنالیز آنها و نحوه و محاسبات بالانسینگ برنر پس از ساخت پرداخته میشود. سپس به تأثیرات تغییر زاویه خروج گاز از نازلها بر انتقال حرارت تشعشعی به تیوبهای بویلر و کیفیت محصولات احتراق پرداخته می شود. در پایان با مقایسه هزینه های خرید خارج با هزینه های ساخت در داخل مجتمع به میزان صرفه جویی ارزی پروژه پرداخته می شود.

2- شرح کارکرد قطعات برنر

برنر JOHN ZINK از بخشهای مختلفی تشکیل شده که به شرح زیر است :

FAN & SPIDER
NOZZLE
BLADE
CONE
SHAFT
HOSING
LABIRENTH SEAL
WENT PIPE
JOINTS AND BOLTS

NOZZLE -2-1

نازل تشکیل شده از یک قطعه مخروطی شکل با شیب $2/5^{\circ}$ دارای دو ردیف سوراخ که در ردیف اول تعداد 15 عدد و ردیف دوم تعداد 6 عدد که با زاویه معینی نسبت به ردیف اول ساخته شده است. گاز ورودی به برنر با فشار تقریبی 2.5 bar پس از عبور از قسمت INLET HOUSING وارد CONE و از آنجا وارد نازلها می شود و خارج می گردد. (رجوع به نقشه D_1).

سوراخهای ردیف اول به دو منظور تعبیه گردیده است:

1- چرخش محور برنر : گاز مصرفی برنر هنگام خروج از نازل دارای سرعت (V) دبی (Q) و جرم حجمی (ρ) معینی هستند و طبق قانون مومنتوم در سیالات نیروی F بر نازلها اعمال میگردد که طبق رابطه $F=\rho QV$ که خلاصه شده رابطه کلی مومنتوم:

$$F=F_s+F_b=d/dt((integ.)_{Sc.v}V\rho dV)+(integ.)_{Sc.s}VPVdA$$

نیروی اعمال شده بدلیل واقع شدن در فاصله معینی از محور شافت گشتاور حول محور ایجاد میکند بدیهی است برای ایجاد حداکثر گشتاور باید زاویه بین سوراخها و محور عرضی نازل ها صفر باشد.

$$T_N=f.r=(f_xi+f_yj).(r_xi+r_yj)$$
$$T=f_x.r_xi+f_y.r_yj$$

Archive of SID

$T=F\cos\alpha.r_x i+F\sin\alpha.r_y j$

$T_{max}=f_y.d_1$ برای داشتن حداکثر گشتاور به محور

$\alpha=0 \rightarrow F\sin\alpha.r_y j=T_x \rightarrow T_x=0$

$T_{max}, T=T_{max1}+T_{max2}+\ldots+T_{maxn}$

(F_x=نیروی ایجاد شده توسط گاز خروجی در جهت محور X ها)

(F_y=نیروی ایجاد شده توسط گاز خروجی در جهت محور Y ها)

(r_x=فاصله عمودی ناحیه خروج گاز از محور X ها)

(r_y=فاصله عمودی ناحیه خروج گاز از محور Y ها)

(α=زاویه بین نیروی F و F_y)

(T_x=گشتاور ایجاد شده حول محور X ها)

(T_y=گشتاور ایجاد شده حول محور Y ها)

(n=تعداد نازلها)

(T_n=گشتاور کل وارد به spider)

2- ایجاد محدوده یکنواخت سوخت حول محور چرخش و عمود بر مسیر جریان هوا برای اختلاط بهتر سوخت و هوا جهت احتراق.

سوراخهای ردیف دوم بر روی نازل ها جهت افزایش ضریب اختلاط گاز و هوا مورد استفاده قرار میگیرد. عواملی که برروی افزایش این ضریب تأثیر گذار می باشند عبارتند از:

1- تعداد سوراخها

2- قطر سوراخها

3- زاویه نسبی سوراخهای ردیف اول نسبت به ردیف دوم

لازم به ذکر است ، عامل سوم تأثیر بیشتری برروی این ضریب دارد و بوسیله آزمایش واندازه گیری آزمایشگاهی قابل دستیابی است و در صورت بهینه سازی باعث افزایش راندمان برنر میگردد.

BLADE -2-2

کار عمده BLADE ها:

1- تأمین بخشی از هوای مورد نیاز جهت احتراق سوخت

2- ایجاد آشفتگی و حرکت چرخشی به هوا جهت افزایش ضریب اختلاط

برای تأمین نمودن هوای مورد احتیاج جهت احتراق سوخت با توجه به دودیا سرعت زاویه ای محور برنر چند فاکتور در طراحی BLADE باید مد نظر قرار گیرد:

1- شکل هندسی BLADE از جمله طول ، عرض و ضخامت

2- پروفیل سطح مقطع BLADE ها

3- زاویه BLADE ها

4- تعداد BLADE ها

اگر فرض کنیم که تمام درصد سوخت برنر متان است واکنش سوختن متان با هوا بصورت زیر میباشد:

$$CH_4+2.2(O_2+3.76N_2) \rightarrow CO_2+2H_2O+0.2O_2+8.282N \quad (1)$$

پس بازاء هر مول گاز متان یا سوخت 2/2 مول هوا مورد نیاز است که با طراحی مناسب BLADE ها قابل دستیابی است (رجوع به نقشه D_2)

Archive of SID

CONE -2-3

استوانه ای مخروطی شکل است که نازلها و پره ها برروی آن تعبیه میگردند وحرکت چرخشی حاصل از نازلها رابه شافت برنر انتقال می دهد. (رجوع به نقشه D_3).

SHAFT -2-4

شافت برنر صرفاً امکان چرخش BLADE و NOZZLE ها را حول محور برنر فراهم میکند ودر داخل هوزینگ بوسیله دو عدد یاتاقان BALL BEARING ساپورت میشود.

HOUSING -2-5

HOUSING بدنه برنر محسوب میشود که اتصال دهنده اجزاء مختلف برنر از جمله SHAFT و INLET HOUSING و SPIDER و مجرای عبور گاز ورودی به برنر است. (رجوع به نقشه D _ 4)

LABYRENTH SEAL -2-6

برای جلوگیری از نشت گاز ورودی برنر به بیرون محدوده HOUSING است که خطر آتش سوزی را ازدیاد می دهد. (رجوع به نقشه D _ 5)

VENT PIPE -2-7

VENT PIPE جهت تخلیه گازهای نشت شده از LABYRENTH هاست بطوریکه دهانه لوله در جهت مخالف جریان هوا قرار گرفته که با ایجاد فشار منفی در دهانه لوله باعث تخلیه گازها در محدوده بیرینگها می شود.
دیگر قسمتهای برنر نقش حاشیه ای و فرعی را ایفا میکنند. از جمله اتصالات و BOLT ها که احتیاج به شرح نمی باشد.

3- فرایند ساخت قطعات برنر

برای ساخت قطعات برنر اولین قدم تشخیص متریال هریک از قطعات بود که این امر توسط اداره بازرسی فنی توسط METAL SCAN محقق شد. باتوجه به شرایط کاری هر قطعه از متریال مخصوصی ساخته شده که به شرح ذیل می باشد:

جدول 1

قطعه	متریال	آنالیز متریال
NOZZLE	S.S 304H	C≤0.08 Si≤1.00 Mn≤0.02 P=0.045 S=0.03 Cr=18-20 Ni=8-10.5
CONE	S.S 304H	C≤0.08 Si≤1.00 Mn≤0.02 P=0.045 S=0.03 Cr=18-20 Ni=8-10.5
BLADE	S.S 310S	C≤0.08 Si≤1.50 Mn≤0.02 P=0.045 S=0.03 Cr=24-26 Ni=19-22

برای بیان علت استفاده از متریالهای فوق الذکر در این قطعات خلاصه ای از ویژگیهای عناصر بکار رفته را توضیح می دهیم:

الف) منگنز

1- افزایش سختی – تنش تسلیم (yield stress)
2- افزایش عمق سختی

Archive of SID

www.SID.ir

3- در شرایط ضربه ای از نظر سایش
الف: ضزیب هدایت حرارتی را کاهش می دهد
ب: پایداری فاز آستینت را در مقابل خوردگی

ب) نیکل

1- مقاوم در برابر زنگ زدن و باعث افزایش مقاومت در مقابل مواد شیمیائی
2- باعث افزایش استحکام کششی (tensile stress) و کاهش هدایت حرارتی
3-استحکام در دماهای بالا و افزایش مقاومت در مقابل سایش

ج) کرم

1- مقاوم در برابر پوسته شدن
2- محدوده فاز گاز را محدود کرده و در نتیجه فاز ضریب را افزایش می دهد و باعث پایداری فاز آستنیت در فولادهای آستنیتی می شود.

از توضیحات فوق الذکر میتوان چنین نتیجه گیری کرد که استحکام فولاد S.S 304H در مقابل حرارت زیاد بوده و با شرایط موجود در نازلها مطابقت و در مقایسه با فولاد S.S 310S از استحکام بالاتری برخوردار است و با توجه به نقشی که BLADE در مکش و تأمین هوا در دماهای بالا و شرایط سایشی که دارند استفاده از S.S 310 در مقایسه با S.S 304 بخاطر مقاومت بیشتر در مقابل سایش منطقی به نظر می رسد.

3-1- مراحل ساخت نازلها:

1- مخروط تراشی نازل با شیب $2/5^{\circ}$ با خطای کمتر از "20 ثانیه
2- ایجاد قطر داخلی توسط دستگاه تراش با دقت 0/02mm+ به صورت پله ای
3- ساخت فیکسچر جهت سوراخکاری برروی نازلها در دو ردیف 15 و 6 تایی با رعایت زاویه نسبی ، با انحراف از محور کمتر از $0/5^{\circ}$سانتیمتر.

3-2- مراحل ساخت CONE:

1- طراحی و ساخت قالب کششی و قالب برشی
2- تراشکاری قطعه خارجی به اندازه قطر داخل BODY

3-3- مراحل ساخت BLADE:

1- ساخت قالب ماهیچه جهت اندازه گیری انحنای BLADE
2- ساخت فیکسچر مناسب جهت فرم دهی BLADE با انحناء در دو جهت با خطای کمتر از 0/1 mm در ابعاد و 1° در پیچش
3- ساخت فیکسچر جهت اتصال (جوشکاری) BLADE به BODY

3-4- LABYRENTH:

ساخت ابزار مخصوص جهت ماشینکاری شیارهای داخل لابیرنت با دقت ابعادی 0/1 mm و تلرانس قطری 0/02 میلیمتر

Archive of SID

www.SID.ir

5-3- مراحل ساخت HOUSING:

بدلیل فراهم نبودن امکانات لازم جهت ریخته گری HOUSING به شکل دو جداره از امکانات شرکت ابتکار سازان مشهد استفاده نمودیم ولی عملیات ماشینکاری آن در کارگاه مرکزی مجتمع انجام گردید. لازم به ذکر است جنس قطعه فوق از چدن می باشد.باقی قطعات برنر بدلیل در دسترس بودن و نداشتن توجیه اقتصادی برای ساخت از بیرون مجتمع خریداری گردیده است . این قطعات شامل BEARING , BOLT WASHER , CONNECTION بوده است . قطعاتی مانند BOLT ها از جنس کربن استیل بوده و روش ساخت آنها از طریق فورجینگ انجام می شود و استحکام کششی زیادی در دماهای بالا دارد.

4- بالانس نمودن برنر پس از ساخت

فاکتورهایی که برای بالانس نمودن برنر *john zink* مد نظر قرار گرفته عبارتند از :

1- دور نامی یا opration
2- وزن برنر
3- grade که معمولاً فاکتور دقت است و با استفاده از جداول موجود در واحد ماشین آلات حساس 2/5 در نظر گرفته میشود

قطعاتی نظیر برنرهای john zink که رزنانس یا دامنه ارتعاش آنها بالای دور نامی هستند اصطلاحاً RIGID ROTOR می گویند. بنابراین برای بالانس نمودن آنها لزومی به رساندن دور نامی نمیباشد و با دور پایین تر نیز قابل بالانس کردن هستند ولی در مورد کمپرسورها که رزنانس آنها زیر دور نامیشان اتفاق می افتد لزوماً باید با دور نامی بالانس شوند اصطلاحاً این روتورها را به FLEXIBLE ROTOR می شناسند. بعد از تعیین دور ، وزن و grade که معمولاً 2/5 در نظر گرفته میشود با استفاده از جدول ISO 1940-1977 سرعت چرخشی مجاز یا gr.mm/kg را بدست می آورند. برای تعیین مقدار مجاز جرم نابالانسی آنرا در جرم کل ضرب میکنند.

مقدار مجاز باقیمانده نابالانسی = وزن دستگاه * سرعت چرخشی
K(gr.mm/kg) * W(kg) = X(gr/mm)

لازم به ذکر است در تحلیل ارتعاشی و بالانسینگ کردن روتورها تمرکز جرمی روی روتور را بصورت یک صفحه مجزا در نظر میگیرند. اگر در یک روتور دو صفحه یا بیشتر موجود باشد و فاصله بین صفحات از 5 اینچ کمتر باشد این صفحات را یک صفحه جرمی جهت آنالیز ارتعاشی آن در نظر میگیرند. در مورد بالانس برنر john zink چون از نوع روتور تک صفحه ای است فاصله بین صفحات را E=0.05 در نظر میگیرند.

1-4- ابعاد مورد نیاز جهت تحلیل ارتعاشی برنر

1- E=0.05
2- فاصله C
3- فاصله A
4- فاصله B

مرحله بعدی بوسیله دستگاه SHENK H-6V مختصات نقطه نابالانسی ، زاویه های آن و مقدار جرم نابالانسی را با دادن ابعاد فوق الذکر مشخص مینماید و بعد بوسیله اضافه کردن جرم یا سنگ زدن آن دستگاه مورد نظر را بالانس مینمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

5-اثرتغییر زاویه سوراخهای نازلهای برنر بر انتقال حرارت تشعشعی(radiation) به تیوبهای بویلر

اصلاحات طراحی انجام گرفته بر روی زاویه خروج گازها باعث توزیع یکنواخت شعله شده بطوریکه طول شعله بلندتر و رنگ ان ابی تر گردیده است.

طبق رکوردهای انجام گرفته از دمای skin تیوبهای بویلر مشخص شد که توزیع یکنواخت دما صورت گرفته و اختلاف دما در یک Area تقریبا از بین رفته و Hot spot مرتفع شده است.

Hot spot منجر به تولید بخار در یک مقطع از لوله، باعث کاهش عمر تیوبها ایجاد پدیده خزش و شوکهای حرارتی خواهد شد. قبل از انجام تغییرات فوق اختلاف دما در یک Area مشاهده می شد که نشانگر عدم توزیع یکنواخت انرژی حرارتی در بویلر بوده است. شکل شعله قبل از تغییرات در ناحیه Burner Tile پراکنده بوده و بیشترین انرژی حرارتی شعله صرف بالا رفتن دمای Burner Tile شده و در نتیجه این عامل موجب بالا تر رفتن دمای یاتاقانهای برنر و در نتیجه گیر کردن و خرابی آنها می شد که با تغییرات صورت گرفته علاوه بر اینکه شکل شعله به صورت کاملا استاندارد و متراکم در مرکز بویلر شده از شکسته شدن Burner Tile و افتادن آنها بر روی بلید مربوط به برنر و آسیب رساندن به آن جلوگیری به عمل آمد.

با توجه به فرمول انتقال حرارت تشعشعی:

$$Q = \sigma \cdot A \cdot F \, (T^4_1 - T^4_0)$$

σ : ثابت استفان بولتز من ($\sigma = 5/669 \cdot 10^{-8}$ W / $m^2 \cdot K^4$)

A : سطح انتقال حرارت

F : ضریب شکل در تابش

T : دمای مطلق کلوین

و با مقایسه تغییر دمای شعله قبل از اصلاح زاویه خروج گازها از نازلهای برنر و بعد از اصلاح مطابق داده های ذیل، نسبت انتقال حرارت تشعشعی رسیده به تیوبهای بویلر بعداز اصلاح و قبل از آن (Q_2/Q_1) مطابق محاسبات ذیل خواهد بود.

بعد از اصلاح زاویه خروج گازها	قبل از اصلاح زاویه خروج گازها	
850 °c	815 °c	دمای شعله
650 °c	658 °c	دمای محصولات احتراق
400 °c	350 °c	دمای سطح تیوبها
326 °c	320 °c	دمای بخار MPS

$$Q_1 = \sigma \cdot A \cdot F \, (T^4_1 - T^4_{01})$$

$$Q_2 = \sigma \cdot A \cdot F \, (T^4_2 - T^4_{02})$$

$$Q_2 / Q_1 = (T^4_2 - T^4_{02}) / (T^4_1 - T^4_{01})$$

T_1 = دمای شعله قبل از اصلاح

T_{01} = دمای سطح تیوبها قبل از اصلاح

T_2 = دمای شعله بعد از اصلاح

T_{02} = دمای سطح تیوبها بعد از اصلاح

$$Q_2 / Q_1 = (1123^4 - 673^4) / (1088^4 - 623^4) = 1.108$$

Archive of SID

www.SID.ir

$[(Q_2 - Q_1) / Q_1] * 100 = 10.77\ \%$

با توجه به محاسبات، مشاهده شد که انتقال حرارت تشعشعی به تیوبها در حدود 11 در صد افزایش یافته است.
* توجه: از انتقال حرارت تشعشعی تیوبها به یکدیگر و دیواره بویلر به تیوبها صرف نظر شده است.

6-اثرتغییر زاویه سوراخهای نازلهای برنردر کیفیت محصولات احتراق

آنالیز محصولات احتراق خروجی از Stack در چهار دوره سه ماهه اندازه گیری شده که از دوره سوم تغییرات ناشی از اصلاحات برنرهای بویلر در مقدار CO خروجی مطابق جدول ذیل کاملا مشهود است:

			اصلاح برنرها و زاویه خروج گاز از نازلها انجام شده است	
دوره / محصولات احتراق	دوره اول دی ماه 85	دوره دوم اسفند 85	دوره سوم خرداد 86	دوره چهارم شهریور 86
SO_2	0	0	0	0
NO_X	180 ppm	180 ppm	170 ppm	170 ppm
CO	25 ppm	20 ppm	2 ppm (≈0)	2 ppm (≈0)
CO_2	9%	9.5%	10%	10%

همانطور که از روی داده های چهار دوره سه ماهه (اندازه گیری دوره اول بایستی در آذر ماه 85 انجام می گرفته که به دلیل اورهال به دی ماه موکول شد) مشخص است از اوایل سال 86 که اصلاحات کامل بر روی نازلهای برنر صورت گرفته احتراق بهتر و کامل تر انجام گرفته است و میزان CO_2 در حدود 0.5% تا 1% افزایش و میزان CO که ناشی از احتراق ناقص می باشد به میزان 20 ppm کاهش پیدا کرده و تقریبا به بهترین حالت خود یعنی نزدیک صفر (2 ppm) رسیده است.

*نکته: NO_X در محصولات احتراق بیشتر به صورت NO یا NO_2 می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

7- مقایسه هزینه های خرید خارج با هزینه های ساخت در داخل مجتمع

7-1- برآورد هزینه های خرید

برآورد هزینه خرید ارزی یک دستگاه برنر متعلق به شرکت آمریکائی JOHN ZINK با توجه به امتناع از فروش برنر توسط شرکت مزبور ، تهیه آن غیر ممکن می نمود ولی قیمت اولیه آن در زمان CONSTRACTION در دسترس بود که به شرح ذیل می باشد:

جدول 2

DESC.	PRICE	معادل ریالی
Fan & spider	7000 $	56000000
Shaft	3100 $	24800000
Bearing housing	3975 $	3180000
Labyrenth	215 $	1720000
total	14290 $	114320000

□ با توجه باینکه بویلر دارای چهار برنر می باشد:

جدول 3

هزینه خرید چهار دستگاه برنر جهت بویلر	114320000×4=457,280,000 Rial

قیمتهای فوق بدون احتساب قیمت بیرینگ و هزینه حمل و نقل می باشد.

7-2- هزینه ساخت در داخل مجتمع

جدول 4- هزینه های متریال مصرفی

ITEM	نام قطعه	MAT.	QTY.	قیمت (ریال)
1	BLADE	SS 310	8	10800
2	CONE	SS 304	1	45000
3	NOZZLE	SS 304	10	300000
4	BODY	H.A.ST.	1	150000
5	BEARING HOUSING	CAST IRON	1	2375000
6	LABYRENTH	BRASS	1	90000
7	SHAFT	C.S	1	30000
8	INLET HOUSING	CAST IRON	1	90000
		قیمت یک برنر		**3188000**

جدول 5

هزینه متریال جهت ساخت چهار دستگاه برنر	3188000×4=12،752،000

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6- هزینه های نفر ساعت مصرفی

Item	Desc.	نفرساعت	هزینه هرنفرساعت
1	Blade	170	5100000
2	Cone	50	1500000
3	Nozzel	220	6600000
4	Inlet housing	60	1800000
5	Shaft	40	1200000
6	Labyrenth	10	300000
7	Body	20	600000
8	Assemble	100	3000000
9	Ballancing	5	200000
			20300000

جدول 7

20300000×4=81200000	هزینه نفرساعت کل برای چهار دستگاه برنر

جدول 8

81200000+12752000=93952000	هزینه کل ساخت چهار دستگاه برنر

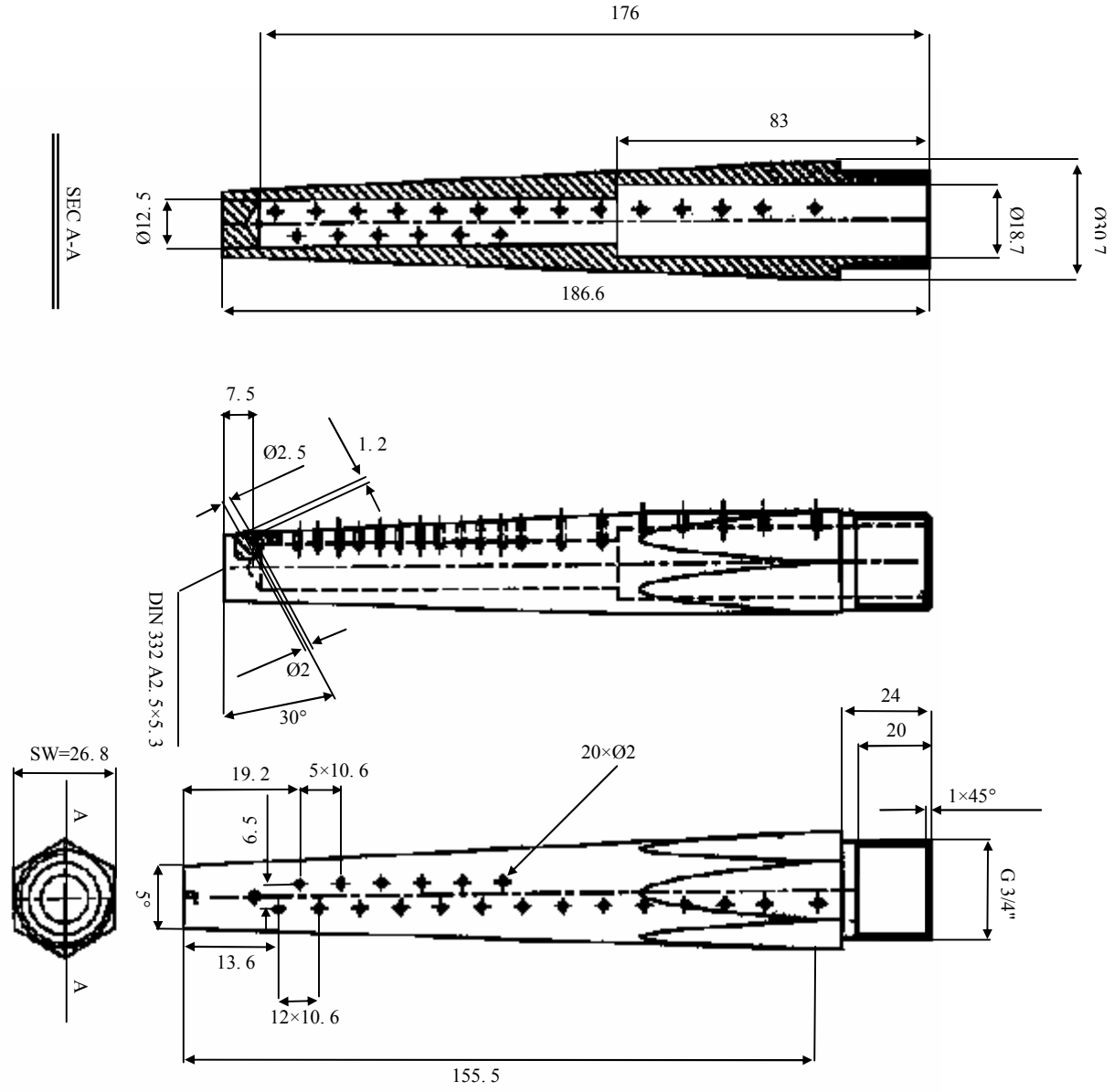
جدول 9

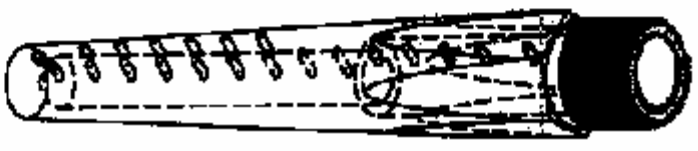
ریال 363.328.000	میزان صرفه جوئی ریالی جهت ساخت چهار دستگاه برنر بویلرکمکی

Archive of SID

www.SID.ir

نقشه D1

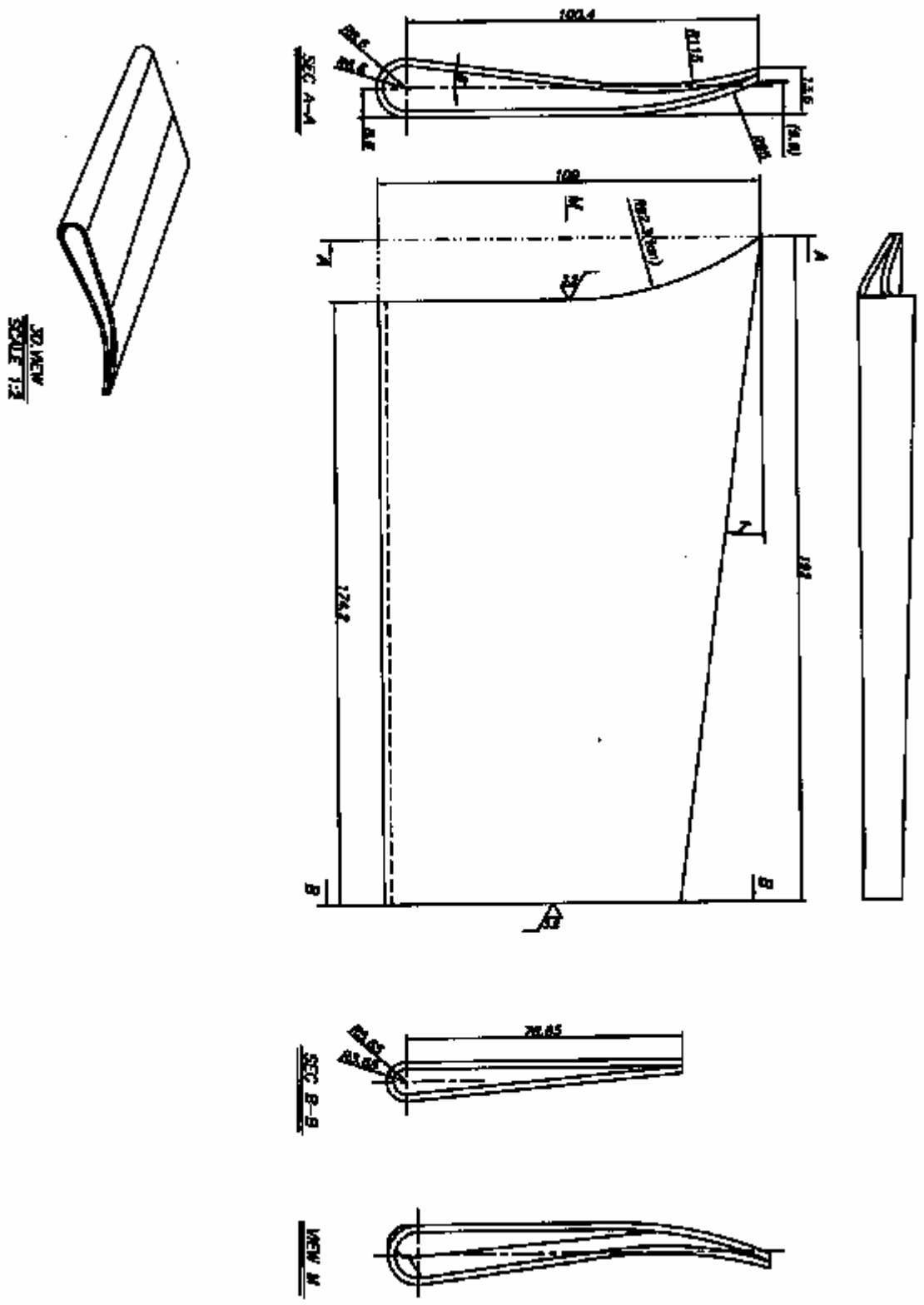




www.SID.ir

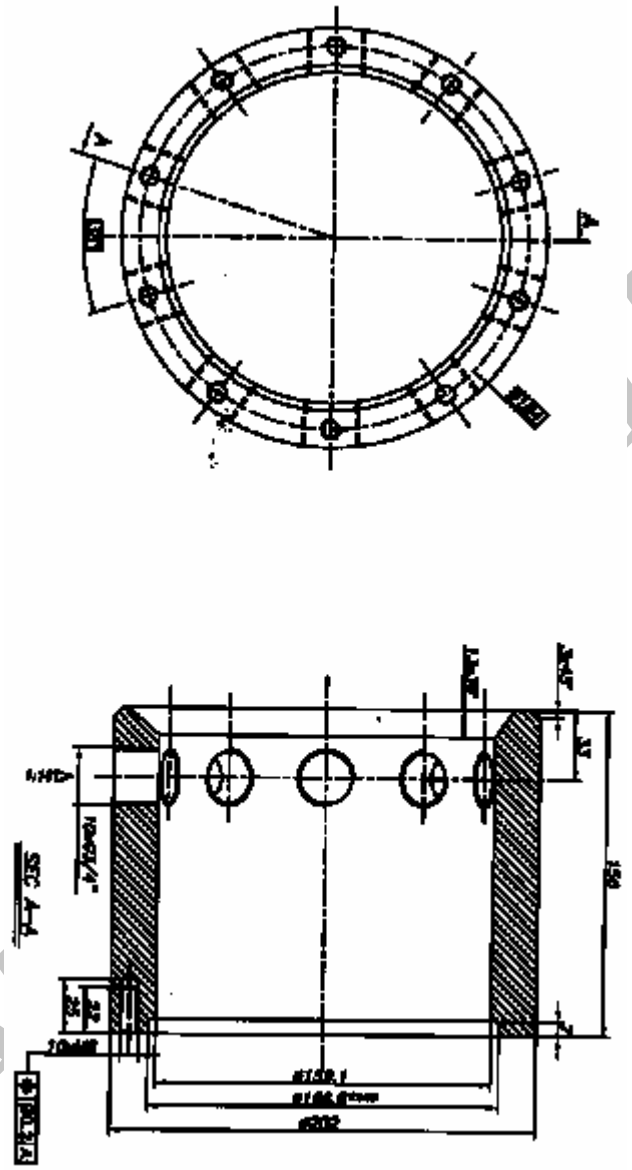
انجمن احتراق ایران

نقشه D2



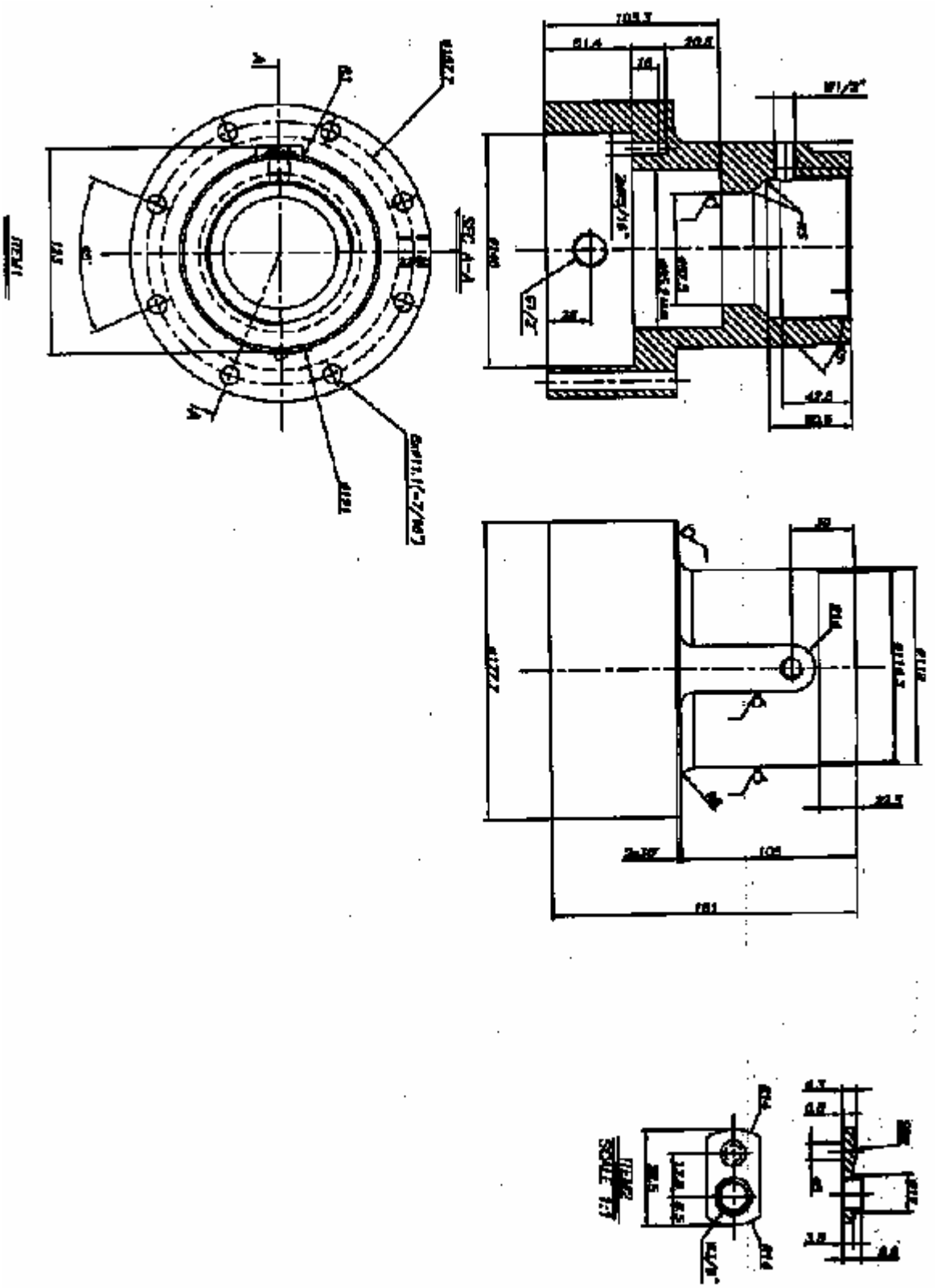
www.SID.ir

نقشه D3



www.SID.ir

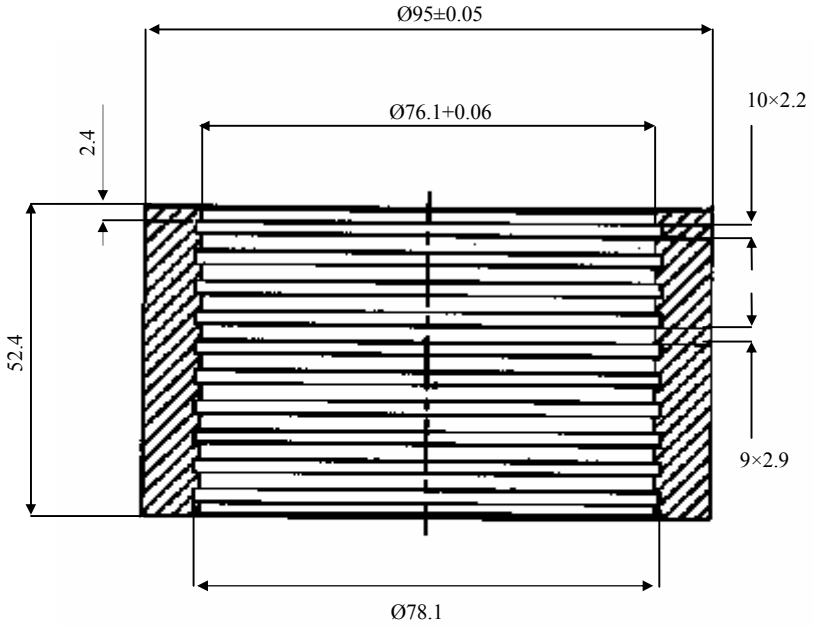
نقشه D4



www.SID.ir

انجمن احتراق ایران

نقشه D5



Archive
www.SID.ir