

# تأثیر تیزی<sup>(۱)</sup> زخم یا بریدگی<sup>(۲)</sup> در مقاومت خستگی، ضربه‌ای و خواص مکانیکی فولاد ساختمانی در درجات حرارت پائین

نوشته\*

محمد حسین کاشانی ثابت

PH.D.

دانشیار مقاومت مصالح دانشکده فنی

## خلاصه مقاله :

این مقاله راجع است با تأثیر تیزی<sup>(۲)</sup> زخم یا بریدگی بروی مقاومت در مقابل خستگی و ضربه و سایر خواص مکانیکی فولادهای ساختمانی در درجات حرارت متعارف و پائین . برای بررسی این موضوع نمونه‌های متعددی از نظر خستگی ، ضربه و کشش مورد آزمایش قرار گرفت . این نمونه‌ها دارای بریدگی‌های بشuang  $\frac{1}{16}$  ،  $\frac{1}{16}$  و  $\frac{1}{16}$  اینچ بوده که در درجه حرارت متعارف و  $0^{\circ}\text{C}$  فارنهایت آزمایش شد . تعداد چندی از نمونه‌های آزمایشی ضربه‌ای شارپی (charpy) هم در درجات حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  فارنهایت و  $+30^{\circ}\text{C}$  فارنهایت آزمایش گردید تا اطلاعات بیشتری از آزمایش‌های فولاد ساختمانی در مقابل ضربه تحصیل گردد . تمام این آزمایش‌ها در آزمایشگاه مقاومت مصالح دانشگاه واشنگتن در شهر سیاتل آمریکای شمالی بوسیله نگارنده انجام گردید . از این آزمایشها این نتیجه بدست آمد که تعداد دفعات تناوب انقطاعی نمونه‌های آزمایشی در مقابل خستگی ، جذب انرژی نمونه‌های ضربه‌ای شارپی ، تنش ریزشی<sup>(۴)</sup> ، تنش انقطاعی<sup>(۵)</sup> و تغییر طول نسبی همگی

Notch - ۲

Sharpness - ۱

۳ - تیزی یک زخم یا بریدگی بستگی بشuang آن دارد بطوریکه هرقدر این شuang کوچکتر باشد تیزی زیادتر خواهد بود وبا عکس .

Ultimate Stress - ۰

Yielding stress - ۴

باتیزی برید گی تغییر میکرد. کمیت آنها هر قدر که شعاع برید گی کوچکتر بود کمتر میشد ولی تعداد دفعات تناوب انقطاعی نمونه های خستگی و تنش ریزشی و انقطاعی با کاهش درجه حرارت افزایش می یافت. درحالیکه جذب انرژی بوسیله نمونه های ضربه ای، کاهش درسطح<sup>(۱)</sup> نمونه های کششی و تغییر شکل نسبی با کاهش درجه حرارت کاسته میشد.

#### مقدمه :

در طرح و محاسبه قطعات ساختمانی قاعده برآنست که تنش مجازی بمبنای کسری از تنش ریزشی جسم درنظر میگیرند ولی اگر بارهاییکه کمیت آن بر حسب زمان متغیر باشد برقطنه مقاومی اثر کند، مسئله طرح و محاسبه آن قطعه دیگر بمبنای تنش تنها نخواهد بود، زیرا در برخی حالات ممکن است این قطعه مقاوم قبل از آنکه بعد ریزشی برسد یا در آن تغییر شکل خمیری و دائمی آشکار گردد، منهدم شود.

این موضوع در مواردیکه نا پیوستگی هائی ناشی از نقص در طرح، ساختمان، یا طرز ساختمان، در قطعات مقاوم وجود داشته باشد بیشتر حائز اهمیت میگردد. این نوع ناپیوستگیها بر توزیع بار در سطح مقطع قطعه مقاوم یا اجزاء آن اثر میگذارد و وضع تنش ممکن است از حالت یک محوری به تنش دو محوری و حتی سه محوری تبدیل گردد. در نزدیکیهای این ناهمواریها، مخصوصاً در رأس برید گی، تنش بطور فوق العاده افزایش میابد و به تبع این تمرکز تنش<sup>(۲)</sup>، کمیت تنش در ته برید گی ممکن است بسه برابر مقدار متوسط تنش کششی یک محوری برسد. بنابراین دیگر ضریب اطمینان کافی نبوده و شکافهای در جسم بروز میکند. باضافه، رفتار و عمل جسمیکه تحت تأثیر بار متغیری<sup>(۳)</sup> باشد از حالت تغییر شکل پذیری و چکش خواری<sup>(۴)</sup> بحالات تردی و شکنندگی<sup>(۵)</sup> تغییر کرده و در آن انهدامی مانند اجسام شکننده در مجاورت شکافهای بوجود آمده ممکن است ایجاد گردد. همچنین اگر باری بطور ناگهانی و در مدت بسیار کوتاهی برجسمی وارد گردد کمیت تنش تغییر کرده (یعنی بمیزانیکه اگر این بار تدریجاً برجسم وارد شده و بمیزان نهائی آن میرسید، نخواهد بود) و خواص مکانیکی جسم تحت تأثیر قرار میگیرد.

تغییر در خواص مکانیکی مصالح بر اثر استعمال ناگهانی بار یا استعمال بارهای ضربه ای از جسمی بجسم دیگر متفاوت میباشد ولی غیر ممکن است که در اجسام بار ضربه ای را از نظر طرح و محاسبه بتوان مشخص کرد. تأثیر بارگذاری ضربه ای در خواص مکانیکی مصالح همچنین با اندازه و شکل برید گی تغییر میکند.

عامل دیگریکه خواص مصالح وبالنتیجه طرح و محاسبه قطعات مقاوم را تحت تأثیر قرار میدهد عبارت از تغییر درجه حرارت میباشد. تغییر درجه حرارت همدانه بندی<sup>(۶)</sup> و هم شکل دیاگرام (تشن-تغییر شکل نسبی<sup>(۷)</sup>) فلزات را تغییر میدهد. در بسیاری از موارد مانند مورد کشته ها، هواپیماها، راه آهن، صنایع دریائی،

۱ - Reduction in Area

۲ - Stress Concentration

۳ - Fluctuating load

۴ - Ductility

۵ - Brittleness

۶ - Structure

۷ - Stress - Strain Diagram

تجهیزات برودتی وغیره ، فلزات در درجه حرارت پائینی بکار برد نمیشود . اگر درفلزات بریدگی وجود داشته باشد ، حالت شکنندگی عارضی آنها در برخی از فلزات در درجات حرارت پائین کاملاً شدید میباشد . بنابراین یک قطعه مقاوم فلزی در حالات فوق الذکر ممکن است وضع بحرانی پیدا کند .

بجهات فوق الذکر بنظر میرسد که اثر تیزی بریدگی بروی خواص مکانیکی فلزات و مخصوصاً در مورد فولاد ساختمانی که دارای موارد استعمال عدیده است حائز اهمیت عملی و واجد ارزش مطالعه ای میباشد . نمونه های آزمایشی که شرح آن داده خواهد شد از فولاد ساختمانی ۶ - ۴۷ ASTM با مشخصات<sup>(۱)</sup> بوده و بمنظور بررسی حساسیت بریدگیها نسبت بشکل بریدگی و درجه حرارت آزمایش گردید .

بدیهی است که نتایج بدست آمده از این سلسله آزمایشها ، مانند سایر تحقیقات تجربی ، مشخصه ای از تأثیر اندازه بریدگی بروی رفتارچکش خوار یا شکنندۀ فولاد در شرایط آزمایش و اندازه نمونه آزمایشی بکار برد شده خواهد بود . با چنین محدودیتهایی ، نتایج بدست آمده بالنسبه قابل توجه و جالب بوده است ، زیرا ظاهر نمونه های آزمایشی شکسته شده از جهاتی تطابق با نتایج بدست آمده داشته و گواه نسیی بر صحبت این نتایج تواند بود .

**شرح نمونه های آزمایشی** - تمام نمونه های آزمایشی خستگی ، ضربه ای و کششی استاتیکی از یک صفحه فولادی ساختمانی آمریکائی ۶ - ۴۷ A7G گرفته شده بود . ترکیب فولاد این نمونه ها بشرح زیر بود :

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Cu
۰.۲۲	۰.۴۷	۰.۰۱	۰.۰۲۸	۰.۰۰۵	۰.۰۷	tr	۰.۰۶۶%

آزمایش های استاندارد انجام شده در روی صفحه فولادی فوق نتایج زیررا داد :

**الف - درجه حرارت  $70^{\circ}\text{F}$  + ( درجه حرارت متعارف ) :**

تنش ریزشی	تمش نهائی	تغییر شکل نسبی در طول ۸ اینچ	کا هشن در سطح مقطع
۹ رع ۳ کیلوپوند بر اینچ مربع	۰.۳۲۲٪	۰.۰۲ کیلوپوند بر اینچ مربع	٪ ۶۰.۰۷

**ب - درجه حرارت  $70^{\circ}\text{F}$  -**

تنش ریزشی	تمش نهائی	تغییر شکل نسبی در طول ۸ اینچ	کا هشن در سطح مقطع
۱ رع ۴ کیلوپوند بر اینچ مربع	۰.۲۹۱٪	۰.۰۵۵ کیلوپوند بر اینچ مربع	٪ ۵۰.۱۸

**الف - نمونه های آزمایشی خستگی**

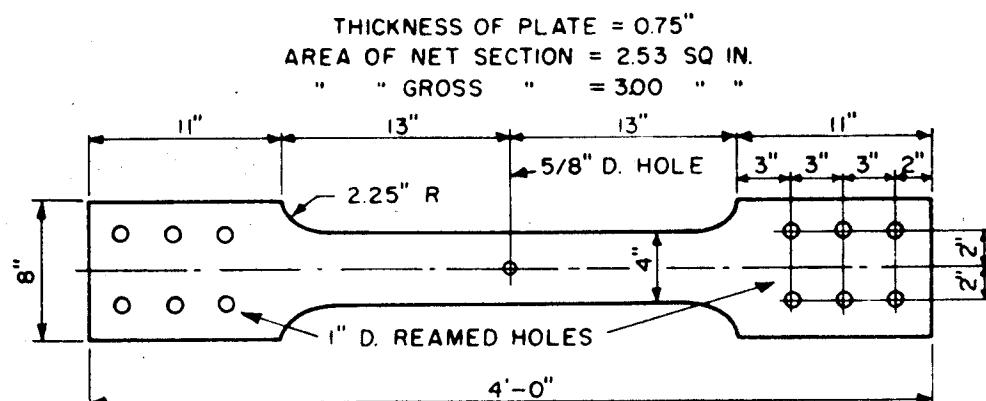
تمام این نمونه ها بطول ۴ پا ، بعرض ۴ و بضمایمت ۵۰ ر. اینچ و دارای بریدگی بود . این نمونه ها بكمک جوش اکسیژن بریده شد . بریدگی نمونه ها بشعاعهای مختلف  $\frac{1}{64}$  ،  $\frac{1}{16}$  ،  $\frac{3}{16}$  و  $\frac{9}{16}$  اینچ ولی

فاصله میان رؤس بریدگی ها ثابت و بطول  $\frac{1}{8}$  اینچ نمود. چند نمونه جوش شده نیز مورد آزمایش قرار گرفت.

نمونه های آزمایشی بطریقه لب بلب (۱) جوش و عمل جوش طبق مشخصات AWS (۲) و AISC (۳) انجام شده بود. جزئیات بیشتری راجع به نمونه ها و اندازه و شکل بریدگیها در شکل (۱ و ۲) نموده شده است.

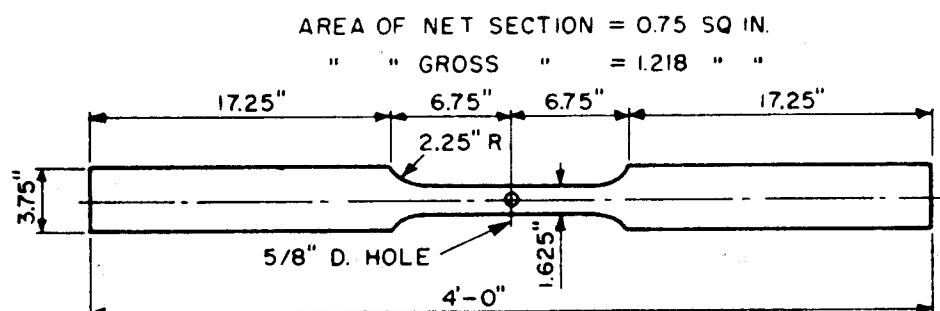
### ب - نمونه های ضربه ای

نمونه های ضربه ای طبق نمونه های استاندارد شارپی (Charpy) اما با بریدگی های بشعاع های مختلف بود. رأس بریدگی تاسطح صاف هر نمونه فاصله ثابت ۳۱۵ ر. اینچ (برابر ۸ میلی متر) داشت. شعاع های بریدگی  $\frac{1}{100}$  (بریدگی بشكّل V یا شیاری) ،  $\frac{1}{16}$  (برش اره ای) ،  $\frac{1}{16}$  و  $\frac{3}{16}$  اینچ بود. توضیحات بیشتری راجع باین نمونه ها در مرجع [۱] (۴) داده شده است.



DIMENSIONS OF FATIGUE SPECIMEN

ابعاد نمونه خستگی



DIMENSIONS OF STATIC TENSILE SPECIMEN

ابعاد نمونه کشش استاتیکی

شکل ۱ - ابعاد نمونه های آزمایشی خستگی و کشش استاتیکی

American Welding Society - ۲

Butt - Weld - ۱

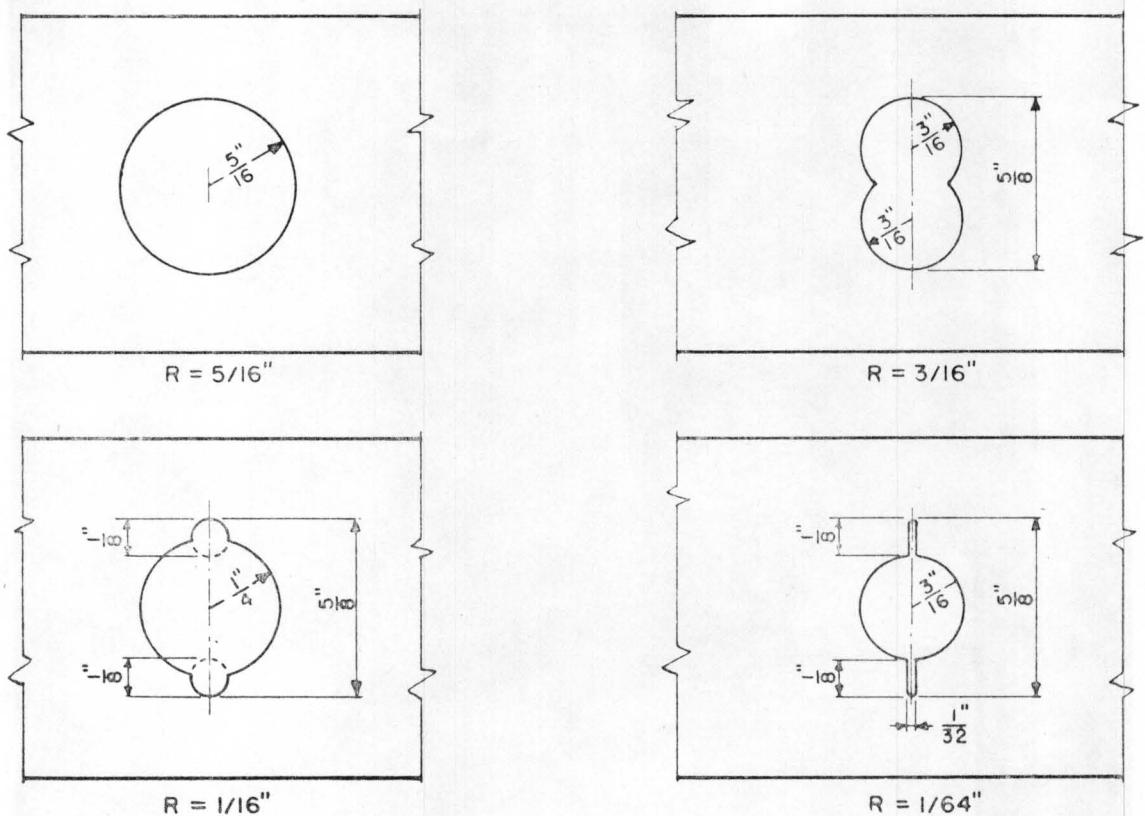
American Institute of Steel Construction - ۳

۴ - اعداد داخلی ابروها معرف ردیف هر مرجع در فهرست مراجع میباشد.

## ج - نمونه‌های کششی استاتیکی

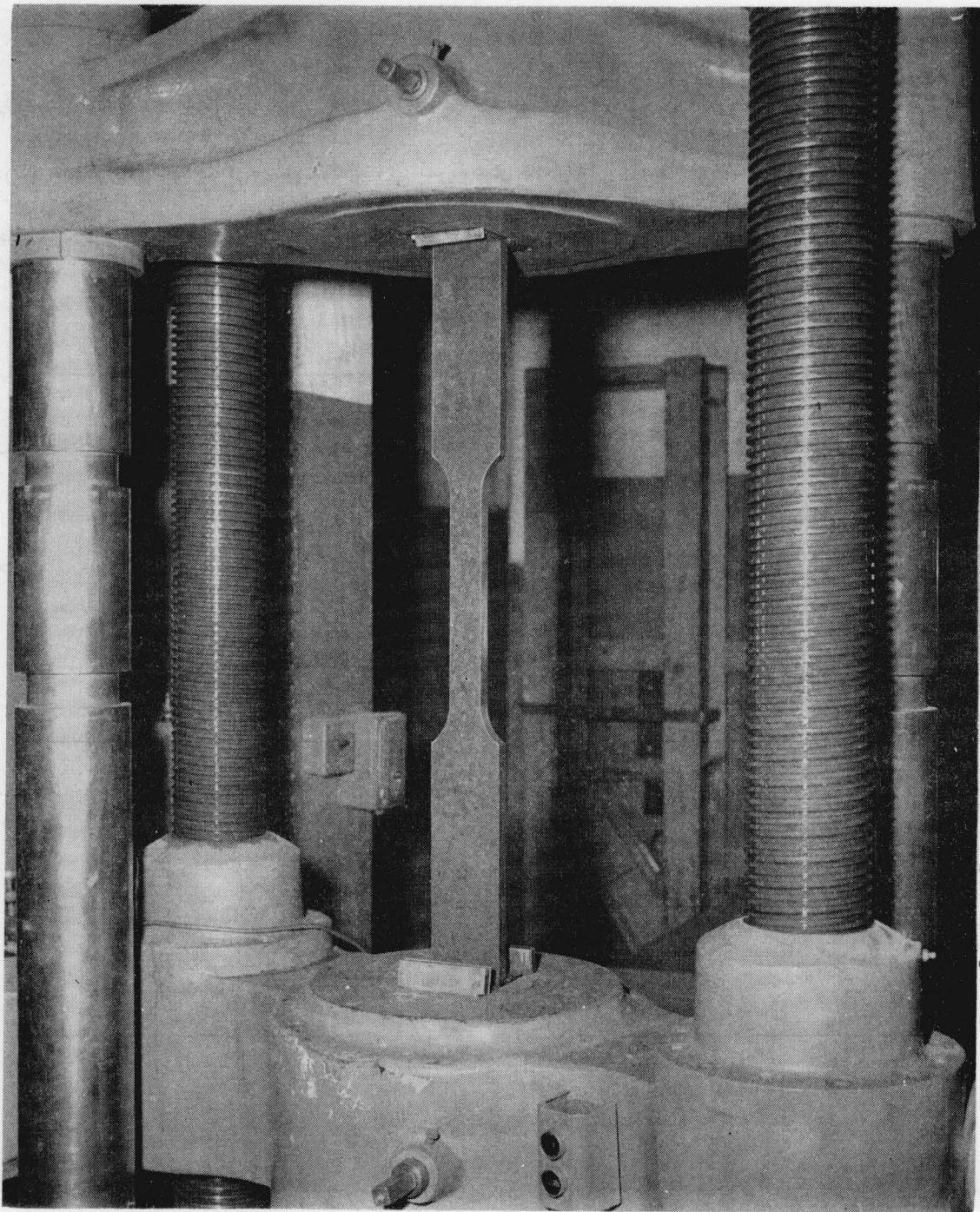
تمام نمونه‌های کششی استاتیکی بطول ۴ پا، بضمایمت ۵۷۵ ر. اینچ و در دو سر بعرض ۳۷۵ اینچ و در سطح بعرض ۱۶۲۵ را  $\left( \frac{1}{8} \right)$  اینچ بود. دونمونه صاف و بدون بریدگی نیزیکی در  $0^{\circ}\text{F}$  — و دیگری در درجه حرارت متعارف آزمایش گردید ولی نمونه‌های دیگر دارای بریدگی بشعاع  $\frac{1}{64}$ ،  $\frac{1}{16}$ ،  $\frac{3}{16}$  و  $\frac{5}{16}$  اینچ بود.

برای اندازه‌گیری انساط و انقباض چهار خط در بالا و پائین بریدگی پیش‌بینی گردیده بود. این خطوط



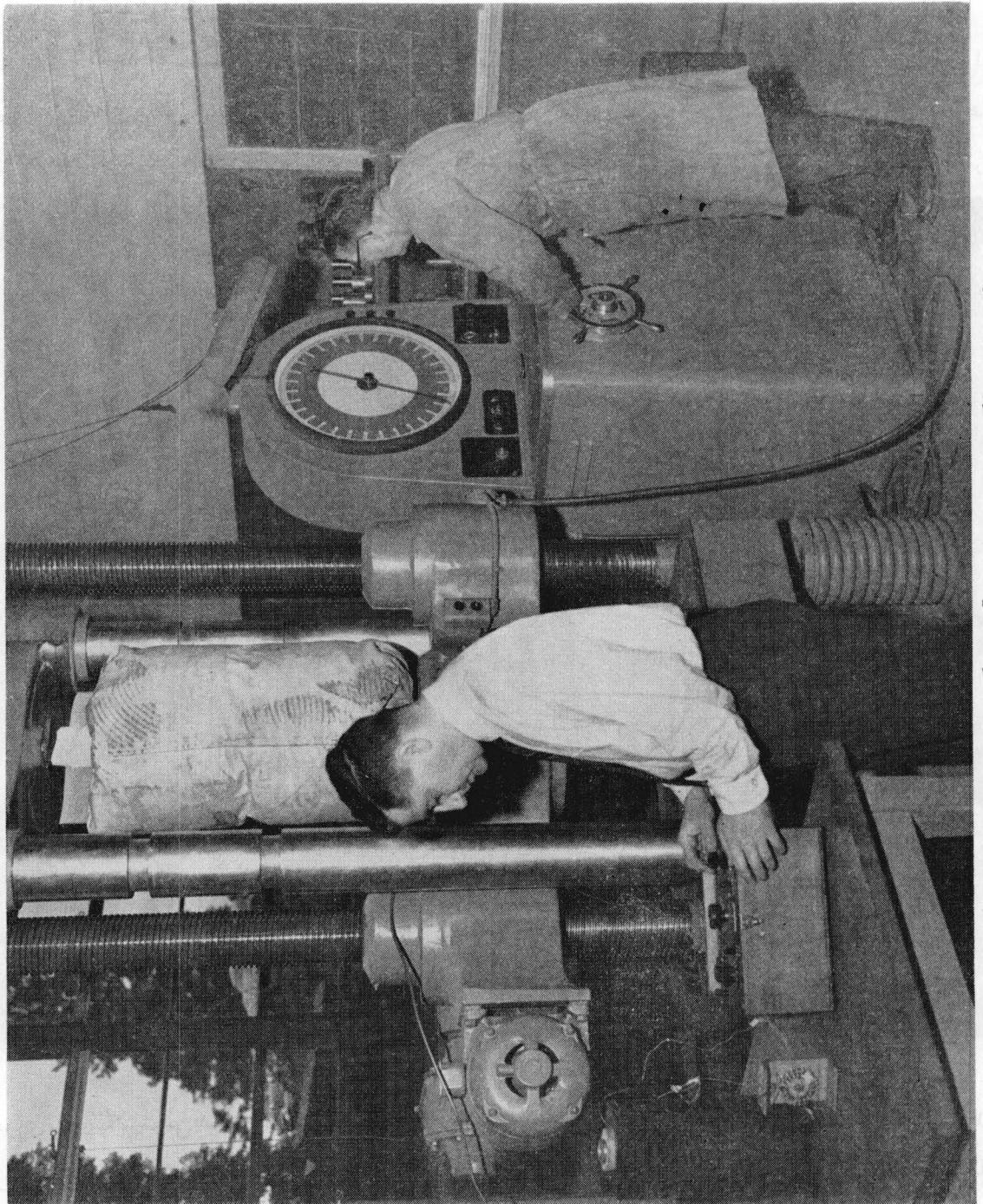
شکل ۲ - شکل و اندازه زخمها

از هم بفاصله  $\frac{1}{2}$  اینچ قرار داشت. خطوط طولی نیز در نمونه‌ها تعبیه شده و این خطوط طولی مماس بر بریدگیها در رؤس آنها و عمود بر خطوط عرضی بود. جزئیات بیشتری راجع به شکل و اندازه این نمونه‌ها در تصویرهای (۱ و ۲) نموده شده است.



شکل ۳ - نمونه آزمایشی کششی بدون زخم برای آزمایش کششی در درجه حرارت متعارف

شکل ۴ - نمونه کشی زخم دار برای آزمایش کششی در درجات حرارت پائین

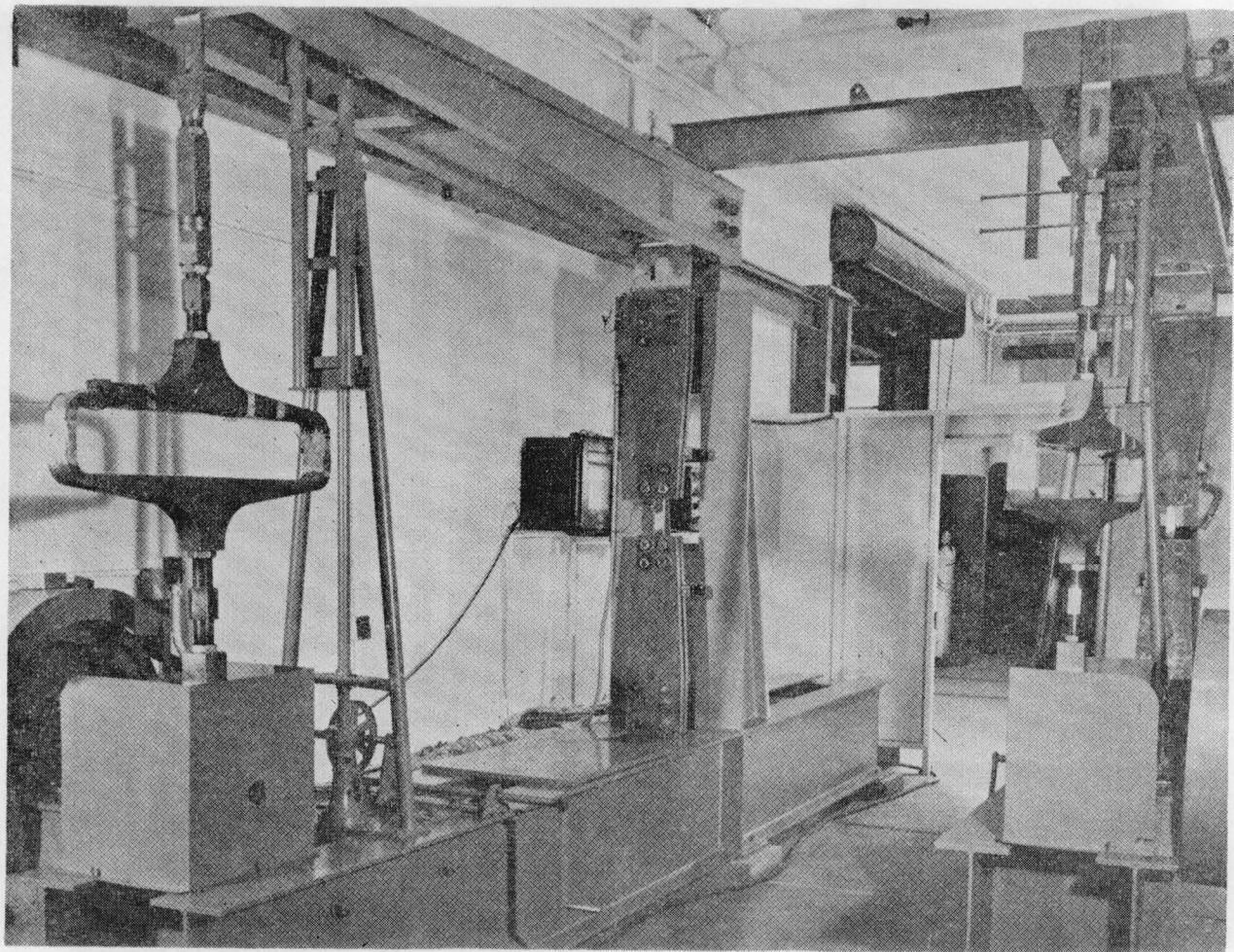


## شرح انجام آزمایش‌ها

در زیر طرز انجام آزمایش خستگی، ضربه‌ای و کشش استاتیکی جداگانه شرح داده می‌شود:

### الف - آزمایش خستگی

آزمایشهای خستگی در درجه حرارت متعارف و  $50^{\circ}\text{F}$  – انجام شد. ماشین آزمایش خستگی از تیپ دستگاه‌های با تغییرشکل ثابت (شکل a) با ظرفیت بارگذاری تا ۱۰۰۰ پوند بود. بار وارد بر هر نمونه در طول آزمایش چندین بار بهمکث دینامومتر بازرسی می‌گردید. ماشین را می‌شدطوری تنظیم کرد که تنش



شکل a - ماشین‌های آزمایش خستگی

محوری متناوب سینوسی بدهد. این ماشین دارای اهرمی با خروج از مرکز بود و حدود تغییرات تنش را با تغییر میزان خروج از مرکز آن می‌شد تغییرداد. حداقل وحداً کثر بار در این دستگاه قابل تنظیم می‌باشد. این ماشین دارای دو دستگاه است که تعداد دفعات تناوب و زمان را مشخص می‌کند. تنش ماکزیمم خالص هر نمونه خواه جوش شده، خواه صاف برابر ۳ کیلوپوند براینچ مربع بود. کلیدی بر روی این ماشین نصب شده بود که خود بخود آنرا هنگامیکه نمونه آزمایشی شکسته می‌شد متوقف می‌گرد. منظور از شکست نمونه انهدام کامل آن بود که

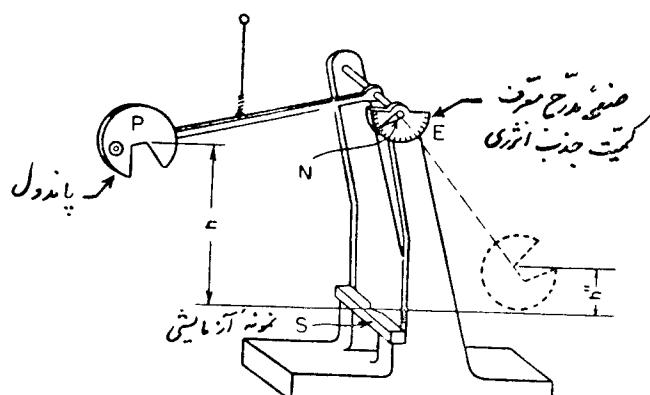
بدو جزء مجزی تقسیم شده باشد.

برای انجام آزمایش در درجات حرارت پائین طول مؤثر نمونه بدواً در محفظه‌ای از تخته سه‌لائی قرار داده شده سپس بر ماشین نصب می‌گردید. دیواره‌های این محفظه مرکب از دو صفحه تخته سه‌لائی بضمایمت  $\frac{1}{2}$  اینچ بود. روی این تخته‌های سه‌لائی با ورقه‌ای صیقلی آلومونیمی و جسم عایق<sup>(۱)</sup> پوشش شده و ضخامت کلی دیواره  $\frac{3}{4}$  اینچ بود.

سرد کردن نمونه آزمایشی با بکار بردن جعبه یخی که با پشم نسوز شیشه‌ای در داخل و روکشی در خارج عایق شده بود صورت گرفت. روپوش گالوانیزه‌ای از قلع سطح داخلی جعبه را می‌پوشاند. درون جعبه از قطعات یخ خشک  $\text{CO}_2$  جامد پرشده بود. دولوله جدار بالا و پائین محفظه را بدوسر جعبه یخ متصل می‌کرد. یک بادبزن موتوری در یک انتهای جعبه یخ قرار داده شده بود تا جریان هوای سرد را از درون لوله‌ها بمحفظه و بالنتیجه سرد کردن نمونه را تأمین نماید. برای رسیدگی میزان دقیق درجه حرارت دونقطه اتصالی به ترموموکوپ در هر طرف نمونه آزمایشی تعییه شده بود. شکل آزمایش خستگی در درجه حرارت پائین در سرچ [۲] این مقاله نموده شده است.

### ب - آزمایش ضربه‌ای

تمام نمونه‌های آزمایشی ضربه‌ای باماشین Riehle که برای آزمایش نمونه‌های ضربه‌ای شاری ب است انجام گرفت. یک بار ثابت ضربه‌ای (وزن پاندول این ماشین) بهریک از نمونه‌ها وارد شد (شکل b).



ماشین آزمایش ضربه‌ای ریله  
Riehle IMPACT TESTING MACHINE  
Fig. 5b

(شکل b)

حداکثر طرفیت ماشین  $20 \times 2$  (فوت × پوند) بود و این ظرفیت را با افزودن ارتفاع سقوط یا وزن پاندول آن می‌شد افزون کرد (نوعی از این ماشین‌های آزمایش ضربه‌ای در آزمایشگاه مصالح ساختمانی دانشکده فنی موجود می‌باشد).

برای آزمایش در درجه حرارت پائین نقطه اتصالی نمونه یک ترموکوپل درسطح صاف آن اختیار شده بود. برای سرد کردن، نمونه در ظرف کوچکی از یخ قرار داده میشد. درجه حرارت نمونه با ترموکوپل برسی میگردید و بمحضی که درجه حرارت آن به میزان مورد نظر میرسید آزمایش انجام میگرفت و اینعمل تنها کار اضافی برای آزمایش نمونه در درجه حرارت پائین بود.

### ج - آزمایش کششی استاتیکی

برای آزمایش کششی استاتیکی از یک ماشین کشش متداول هیدرولیکی Tate Emery استفاده شد. این ماشین دارای ظرفیت ۳۰۰۰ پوند بود. جزئیات پرس هیدرولیکی، فک آن و تنظیم سرعت بارگذاری در مرجع [۱] اینقاله ذکر شده است. (شکل ۳) یک نمونه آزمایشی کششی استاتیکی را که بماشین نصب شده و آماده آزمایش در درجه حرارت متعارف<sup>(۱)</sup> است نشان میدهد.

برای آزمایش کششی استاتیکی در درجات حرارت پائین، طول مؤثر نمونه در یک کیسه کانوادوزی شده که از داخل و خارج عایق گردیده محصور و درون آن از قطعات خشک (CO<sub>2</sub> جامد) پرشده بود. دولوله مسی در داخل کیس قراردادشت تا جریان هوا را در داخل آن تأمین کرده و تبخير قطعات یخ را تسريع نماید و بدینطریق کاهش درجه حرارت نمونه را ممکن سازد. دونقطه اتصالی به ترموکوپل در هر طرف نمونه برقرار شده بود. وقتیکه درجه حرارت متوسط نمونه به ۵۰°F – میرسید بارگذاری شروع میشود و تدریجاً کمیت بار اضافه میگردید تا نخست نمونه بعد ریزشی رسیده و سپس شکسته شود. بدینطریق بار ریزشی و بار انقطاعی وانبساط و انقباض یادداشت و اندازه گیری میشد. (شکل ۴) یک نمونه آزمایشی کششی استاتیکی در درجه حرارت پائین را نشان میدهد.

### حدود تغییرات درجه حرارت

تمام نمونه های آزمایشی خستگی و کششی استاتیکی در ۵۰°F – و درجه حرارت متعارف آزمایش شد، در صورتیکه از نمونه های ضربه ای در درجات حرارت F ۰° – ۱۰°F ، +۲۰°F و +۷۰°F (درجه حرارت متعارف) آزمایش بعمل آمد تا اطلاعات بیشتری از آزمایش ضربه ای تحصیل گردد.

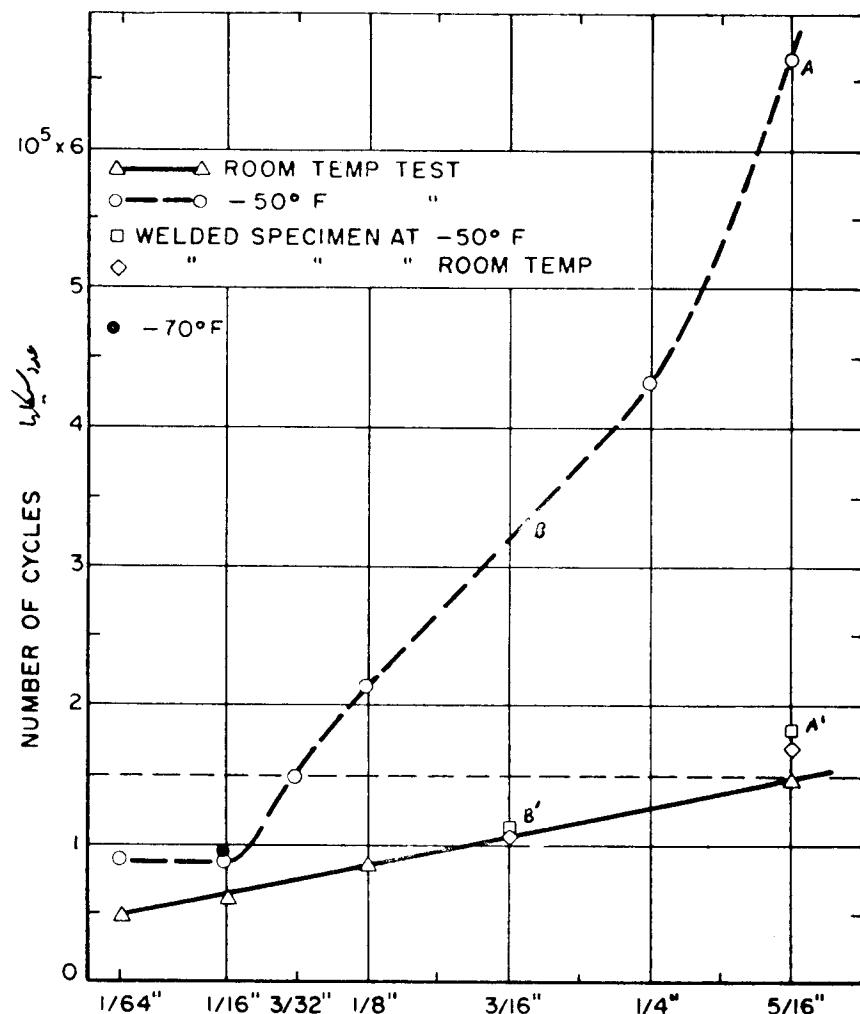
علت انتخاب درجه حرارت F ۰° – از آنجهت بود که درجه حرارت پائینی که قطعات فولادی در طول خدمت خویش با آن رو برو میباشد ندرتاً ممکن است از این مقدار کمتر باشد.

### ربط دادن اطلاعات بدست آمده از آزمایشها بهم و نتیجه گیری از آن

نتایج بدست آمده از آزمایشها بصورت منحنی های ضمیمه نشان داده شده است و از ربط دادن اطلاعات بدست آمده از این آزمایشها مختلف بهم بشرح زیر نتیجه گیری گردید :

۱ - Room Temperature (+۷۰°F)

۱ - تعداد دفعات تناویکه نمونه های زخم دار در مقابله خستگی تحمل میکند با افزایش شعاع زخم در درجات حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  و  $-50^{\circ}\text{F}$  — افزایش یافت ، بنابراین یک بریدگی باشعاع کوچکتر یعنی باتیزی بیشتر عکس العمل شدیدتری را از نظر کاهش تعداد دفعات تناوب آشکار کرد ، بدینمنی که اگر قطعه ای با بریدگی باشعاع کوچکتری باشد ویران بارهای متناوب اثر کند تعداد دفعات تناوب لازم برای انهدام چنین قطعه ای کمتر از وقتی است که اگر این قطعه با بریدگی باشعاع بزرگتری باشد پس مقاومت این قطعه در مقابله خستگی اگر شعاع بریدگی کوچکتر باشد ، کاهش مییابد .



شکل ۶ - دیاگرام عدد های تناوب انهدامی نمونه های خستگی برای شعاع های مختلف زخم

۲ - تعداد تناویکه یک نمونه زخم دار تاموقع انهدام تحمل میکند ، در درجه حرارت  $-50^{\circ}\text{F}$  زیادتر از آنی است که در درجه حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  تحمل خواهد کرد مشروط براینکه شعاع زخم در هر دو درجه حرارت یکی باشد .

۳ - تعداد دفعات تناوب شکستگی نمونه های جوش شده زخم دار در درجه حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  + کمی

زیادتر از آنی است که نمونه جوش نشده (یک نکه) زخم دار باشعاع  $r = \frac{1}{16}$  اینچ میتواند تحمل کندواين

امر مبین این معنی است که اگر در عمل جوشکاري دقت گردد مقاومت مکانيكى فولاد کاهش پيدا نخواهد كرد.

۴ - تعداد دفعات تناوب شکستگی نمونه های زخم دار فوق الذكر تقریباً سه برابر تعداد دفعات تناوب

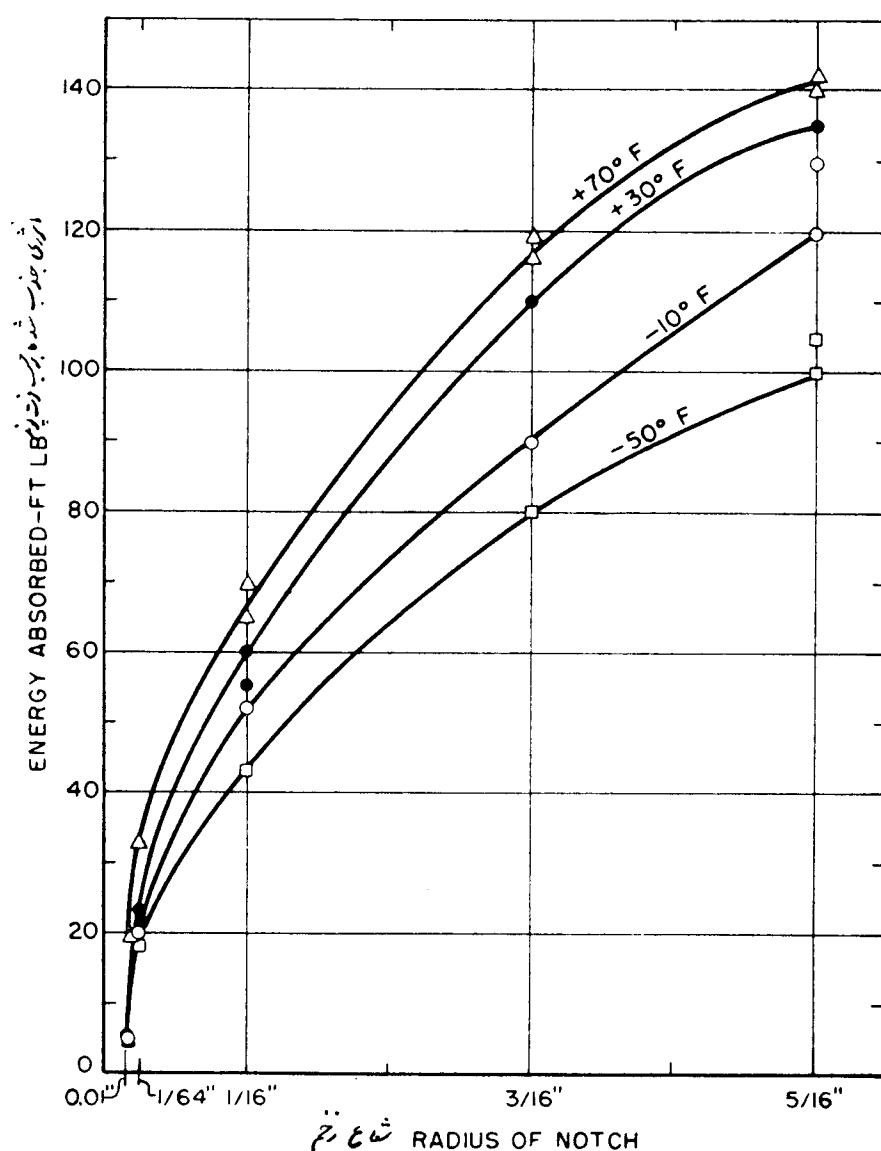
نمونه های جوش شده است اگر در درجه حرارت  $0^{\circ}\text{F}$  - مورد آزمایش قرار گیرد ( نقاط A و A' و B' )

منحنی ۶ ) ؛ بنابراین میتوان نتیجه گرفت که جوشکاري يك قطعه فولادی زخم دار با آنکه در درجه حرارت

متعارف مقاومت آنرا در مقابل خستگی کاهش نمیدهد ولی در درجه حرارت پائين حساسیت زخم را سریعاً

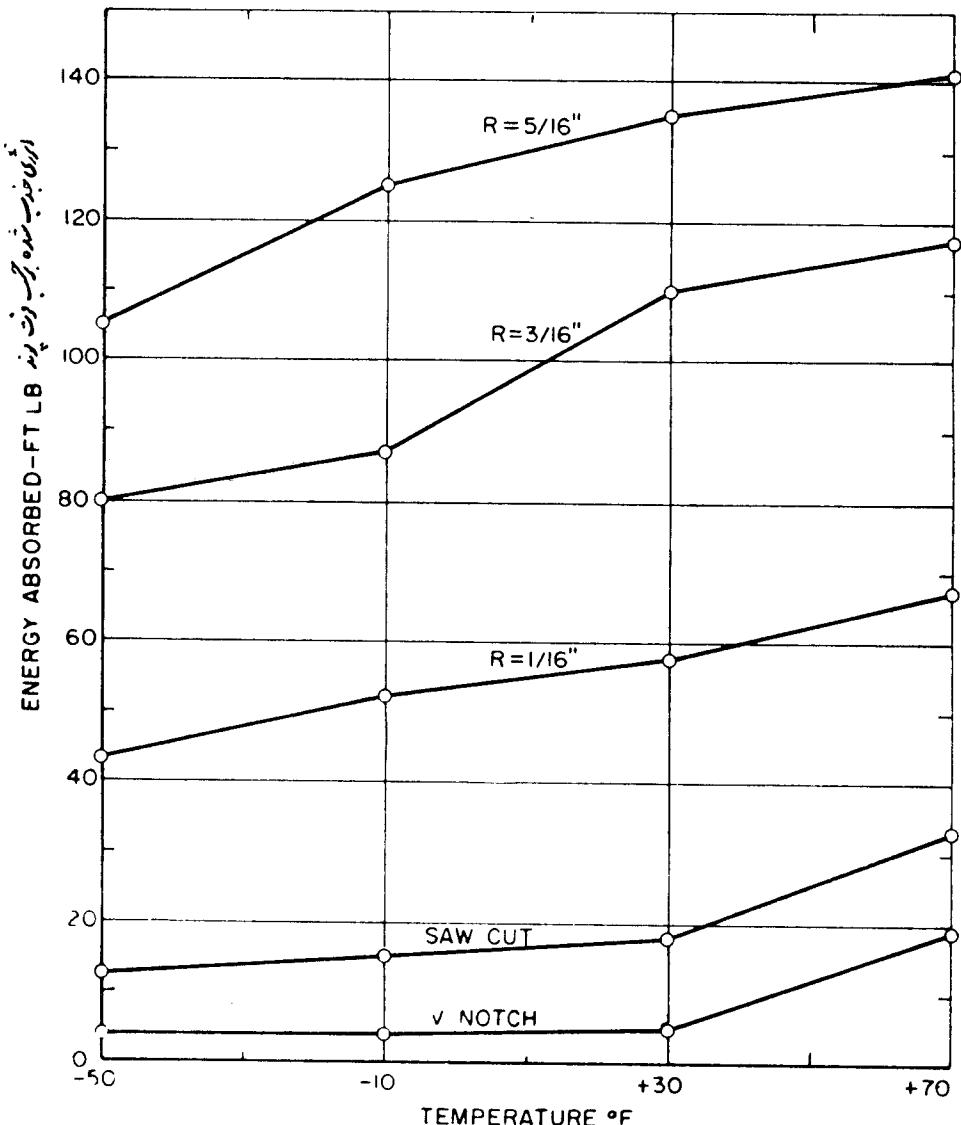
افزايش خواهد داد یعنی باعث کاهش تعداد دفعات گردد فلز میتواند تحمل کند میگردد.

۵ - جذب انرژی نمونه های ضربه ای با افزایش شعاع زخم یا با افزایش درجه حرارت افزون میگردد

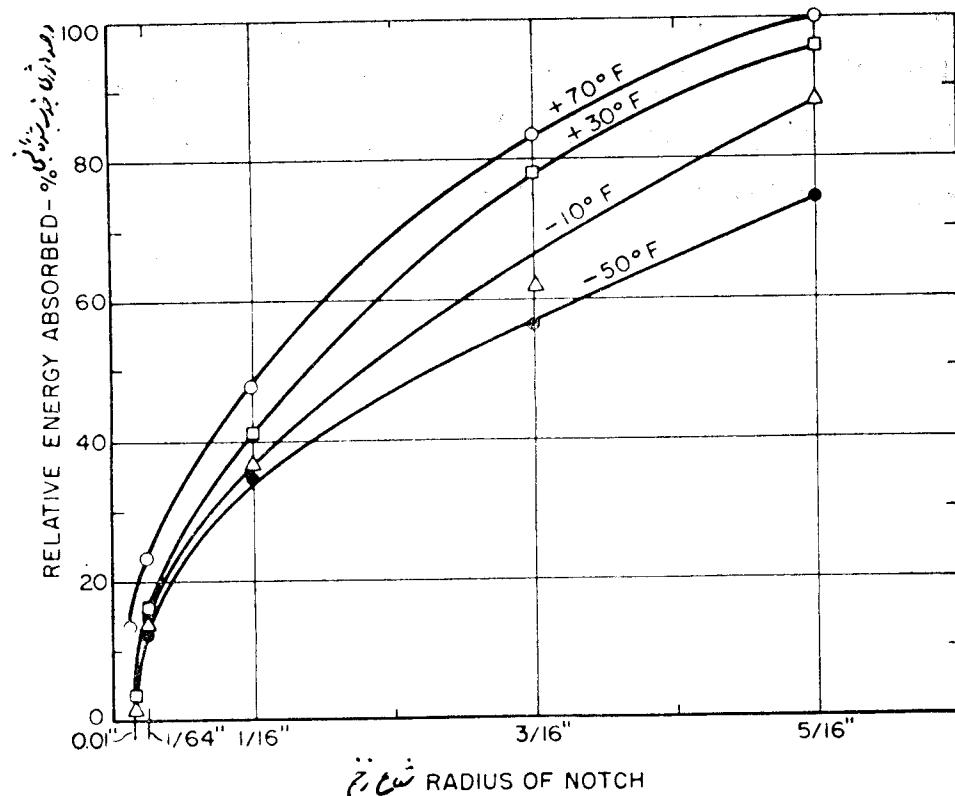


شکل ۷ - منحنی نمایش جذب انرژی نمونه های ضربه ای بر حسب شعاع های مختلف زخم در درجات مختلفه حرارت

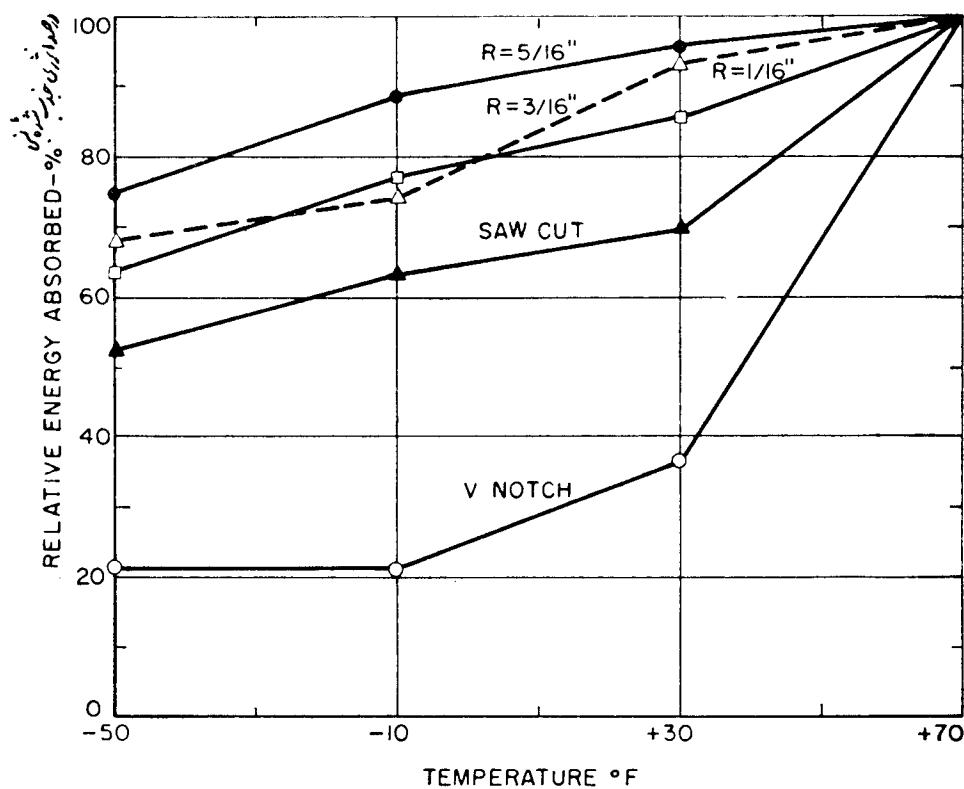
و بالعکس؛ بنابراین افزایش شعاع زخم و درجه حرارت هردو باعث افزایش طاقت<sup>(۱)</sup> نمونه های ضربه ای میگردد.  
 ۶ - نمونه های ضربه ای شاره ای با زخم شیاری (بشكل V) ویرش ازهای در درجات حرارت پائین مانند اجسام شکننده شکست برداشت ولی سایر نمونه ها مانند اجسام تغییر شکل پذیر (چکش خوار) منهدم گردید (شکل ۱۹). بنابراین میتوان نتیجه گرفت که فولاد با طبیعت چکش خوار (ducile) یکه دارد اگر در آن زخم بشکلهای فوق الذکر ایجاد گردد، در درجه حرارت پائین، در مقابل ضربه مانند اجسام شکننده خواهد بود.



شکل ۸ - دیاگرام نمایش جذب انرژی نمونه های ضربه ای در درجات مختلفه حرارت، برای شعاع های مختلف زخم نمونه های ضربه ای با زخم شیاری (بشكل V) مهمترین تغییر را در طرز شکست نمونه های ضربه ای زخم دار آشکار کرد [۶۴].



شکل ۹ - دیاگرام انرژی جذب شده نسبی نمونه های ضربه ای بر حسب شعاع های مختلف زخم در درجات مختلف حرارت

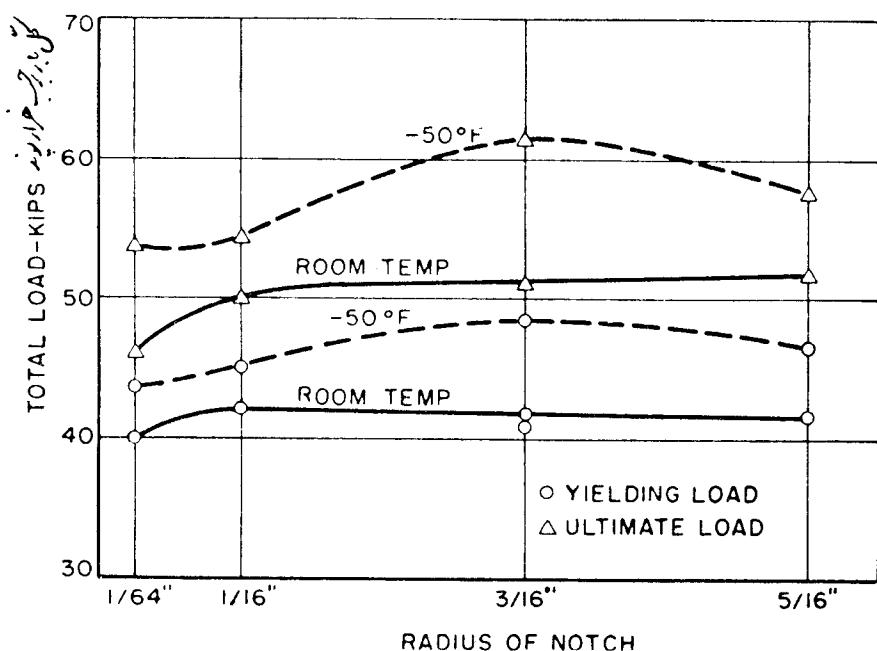


شکل ۱۰ - دیاگرام انرژی جذب شده نسبی در درجات مختلف حرارت برای شعاع های مختلف زخم

۷ - مقاومت یا تنفس نهائی ، تنفس ریزشی و مقاومت حقیقی<sup>(۱)</sup> در درجه حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  یا  $-50^{\circ}\text{F}$  ، کاهش در سطح مقطع در  $+70^{\circ}\text{F}$  ، جذب انرژی در واحد حجم در درجات حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  و  $-50^{\circ}\text{F}$  ، در مجاورت زخم یا در نقاط خیلی دور ترازان ، تغییر طول نسبی در  $+70^{\circ}\text{F}$  و  $-50^{\circ}\text{F}$  ، نمونه های کششی زخم دار با افزایش شعاع زخم افزایش یافت ، یعنی هر قدر شعاع زخم کوچکتر باشد ، نمونه های آزمایشی بیشتر حساس با برآز طرز رفتاری مانند اجسام شکننده خواهد شد.

۸ - بامشاهدۀ شکلهای ۱۱ ، ۱۲ ، ۱۵ ، ۱۶ ، ۲۰ ، ۲۱ باهم ، آشکار میگردد که تنفس ریزشی اسمی<sup>(۲)</sup> از نظر فیزیکی تغییر در طرز رفتار و حالت یک فلز (ازچکش خواری بشکنندگی) را بعلت تغییر در شعاع زخم آن نشان نمیدهد؛ یعنی نمیتوان از روی تغییرات آن درک کرد که آیا طبیعت فولاد که چکش خوار میباشد بعلت فوق بصورت شکننده درمیآید یا خیر؟ در صورتیکه تمام اطلاعات بدست آمده از کلیه آزمایشهای فوق الذکر آشکار کرد که مقاومت نمونه ها در درجه حرارت  $+70^{\circ}\text{F}$  هر قدر شعاع زخم کوچکتر باشد زیادتر میگردد.

چنین نتیجه ای را از روی دیاگرام تنفس ریزشی اسمی نمیتوان استنباط کرد (شکل ۱۲). این امر مؤید عقیده برخی از متخصصان و مؤلفان است که معتقدند برای بررسی نتیجه آزمایشها باید



شکل ۱۱ - دیاگرامهای بارهای ریزشی وانقطاعی نمونه های کششی امتاتیکی زخم دار

تنفس ریزشی حقیقی<sup>(۳)</sup> مورد توجه قرار گیرد (منظور از تنفس ریزشی حقیقی عبارت از خارج قسمت بار ریزشی برسط مقطع کوچکشده نمونه آزمایشی میباشد درحالیکه تنفس ریزشی اسمی معرف خارج قسمت بار ریزشی برسط مقطع اولیه نمونه است).

۹ - متوسط تغییر شکل نسبی و جذب انرژی در واحد حجم نمونه های کششی زخم دار ، در مجاورت

۱ - True ultimate stress

۲ - Nominal Yielding stress

۳ - True Yielding stress

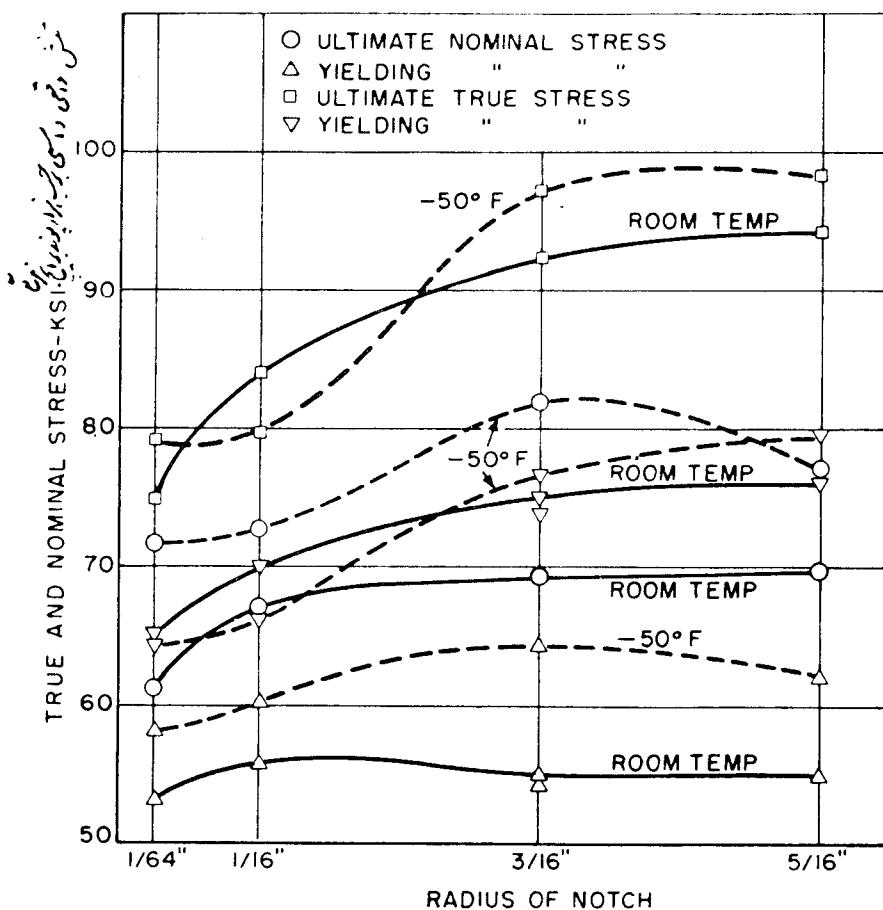
زخم خیلی زیاد تراز مقادیر نظیر برای نقاط دورافتاده میباشد. این نتیجه اصل سنت ونان<sup>(۱)</sup> را تأیید میکند بدین معنی که اثر زخم در مقاطع دور افتاده کاهش میباشد.

۱ - یک زخم ، شکل بطری<sup>(۲)</sup> را که یک نمونه کششی در موقع انهدام پیدامیکند ، تغییر نخواهد

داد اگرچه ابعاد مقاطع بطری شکل شده در مورد نمونه های زخم دار و بی زخم ممکن است متفاوت باشد.

۱۱ - با تلفیق اطلاعات بدست آمده از این آزمایشها آشکار میگردد که میتوان یک حد مشخص تیزی

(حداقل شعاع) برای زخمهای تعریف کرد که اگر تیزی زخم از آن حد کمتر گردد دیگر نه تغییر در شعاع زخم



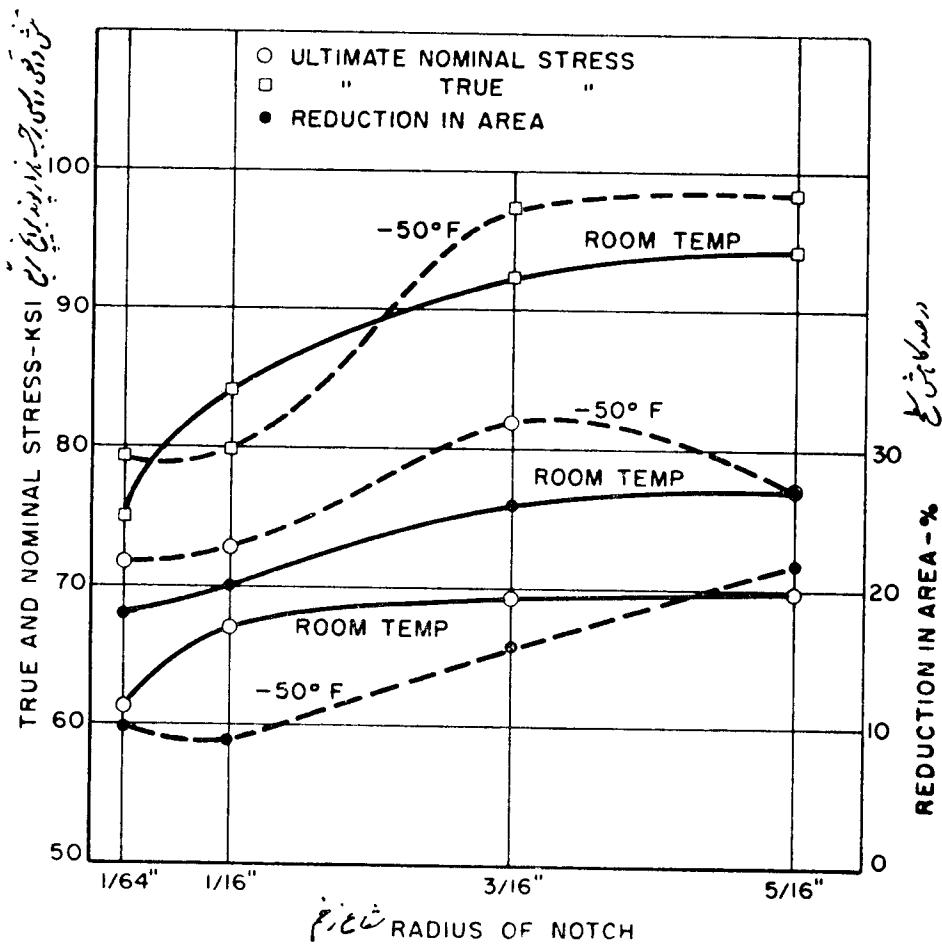
شکل ۱۲ - دیاگرام های تنش واقعی و اسامی و تنش نهائی برای شعاع های مختلف زخم و نه تغییر در خواص مکانیکی فولاد ، خواص قطعه ساختمانی را تحت تأثیر قرار نخواهد داد.

همچنین بنظر میرسد که کنترول اندازه و شکل زخم (شعاع زخم) مؤثر ترین طریقه در بهبود خواص

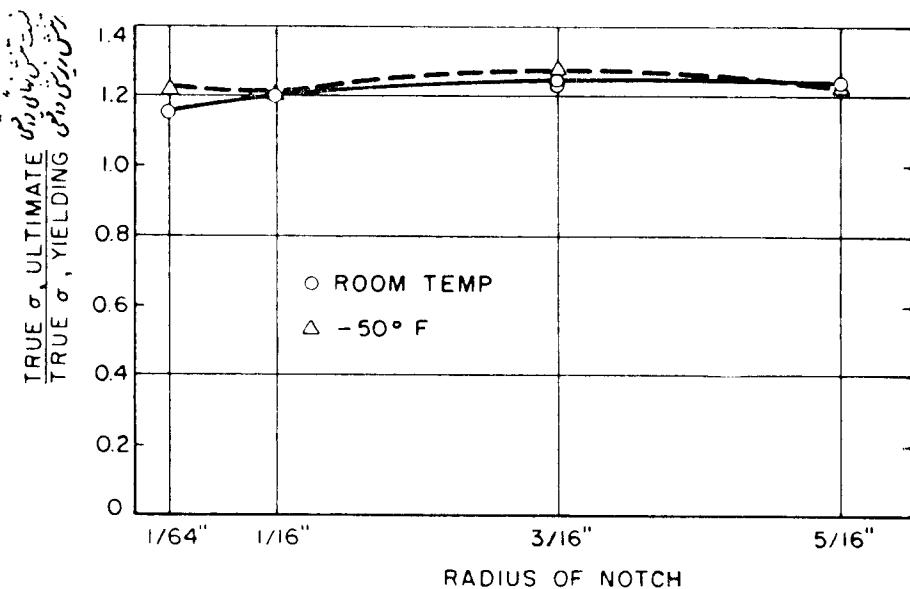
مکانیکی فولاد خواهد بود و دیگر نیازی نیست که فولاد از جنس بهتر و مرغوبتری بکار برد.

**F.B.Farquharson** - نگارنده میل دارد که مراتب سپاسگزاری خود را نسبت باقایان

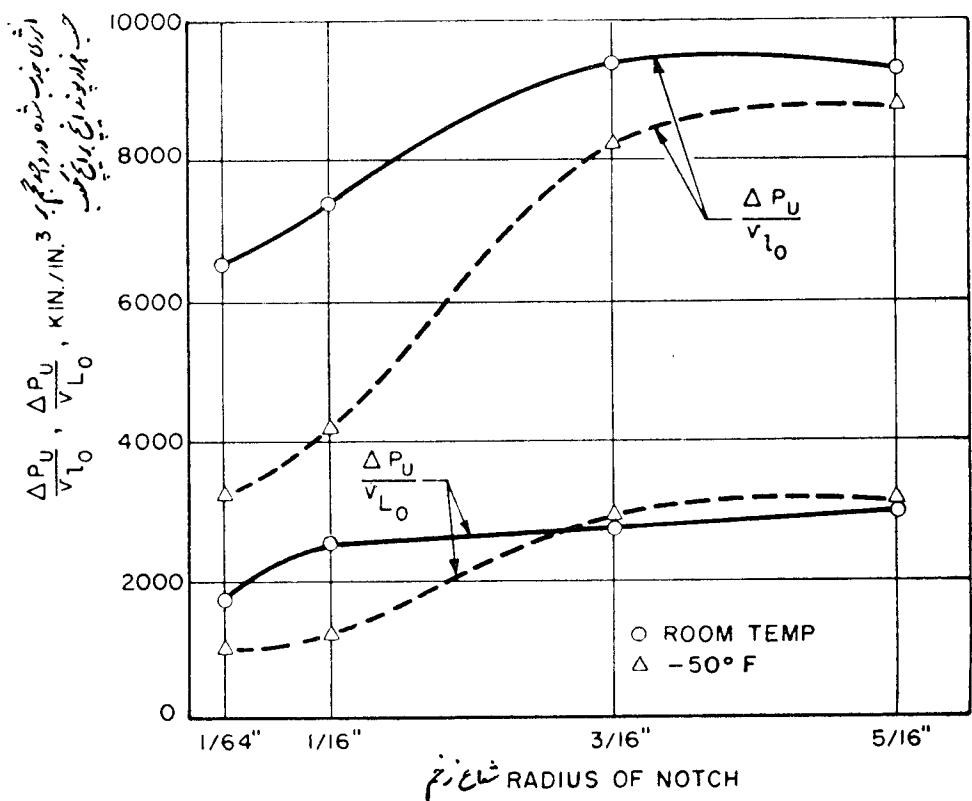
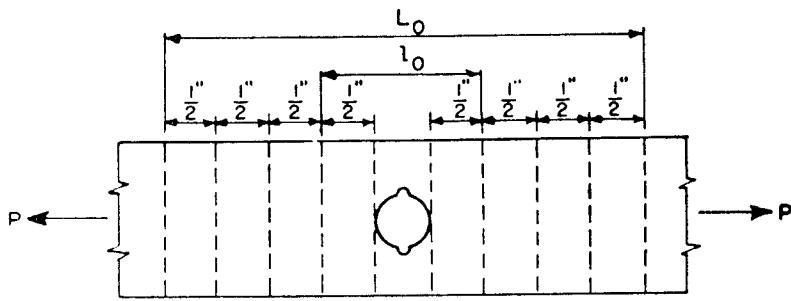
**D.D.Vasarhelyi** اساتید مدرسه مهندسی دانشگاه واشنگتن در شهر سیاتل و سایرین که امکان انجام این آزمایش ها را برای اینجا نسب فراهم آورده و از هیچ گونه معارضتی در بیان نکرده اند ابراز دارند.



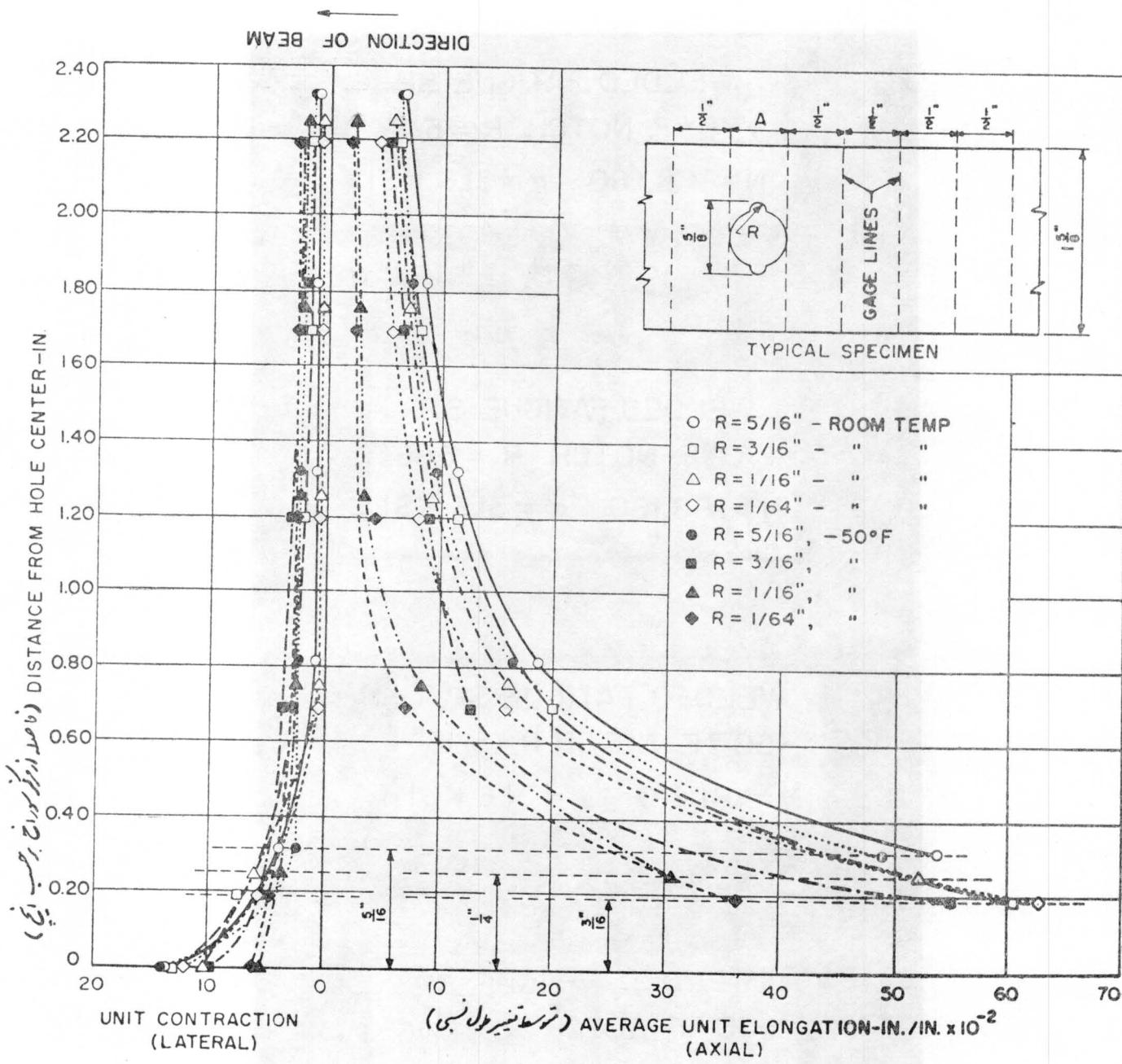
شکل ۱۳ - دیاگرامهای کاهش سطح و تنش نهائی واقعی و اسمی نمونه‌های کششی استاتیکی برای شعاعهای مختلف زخم



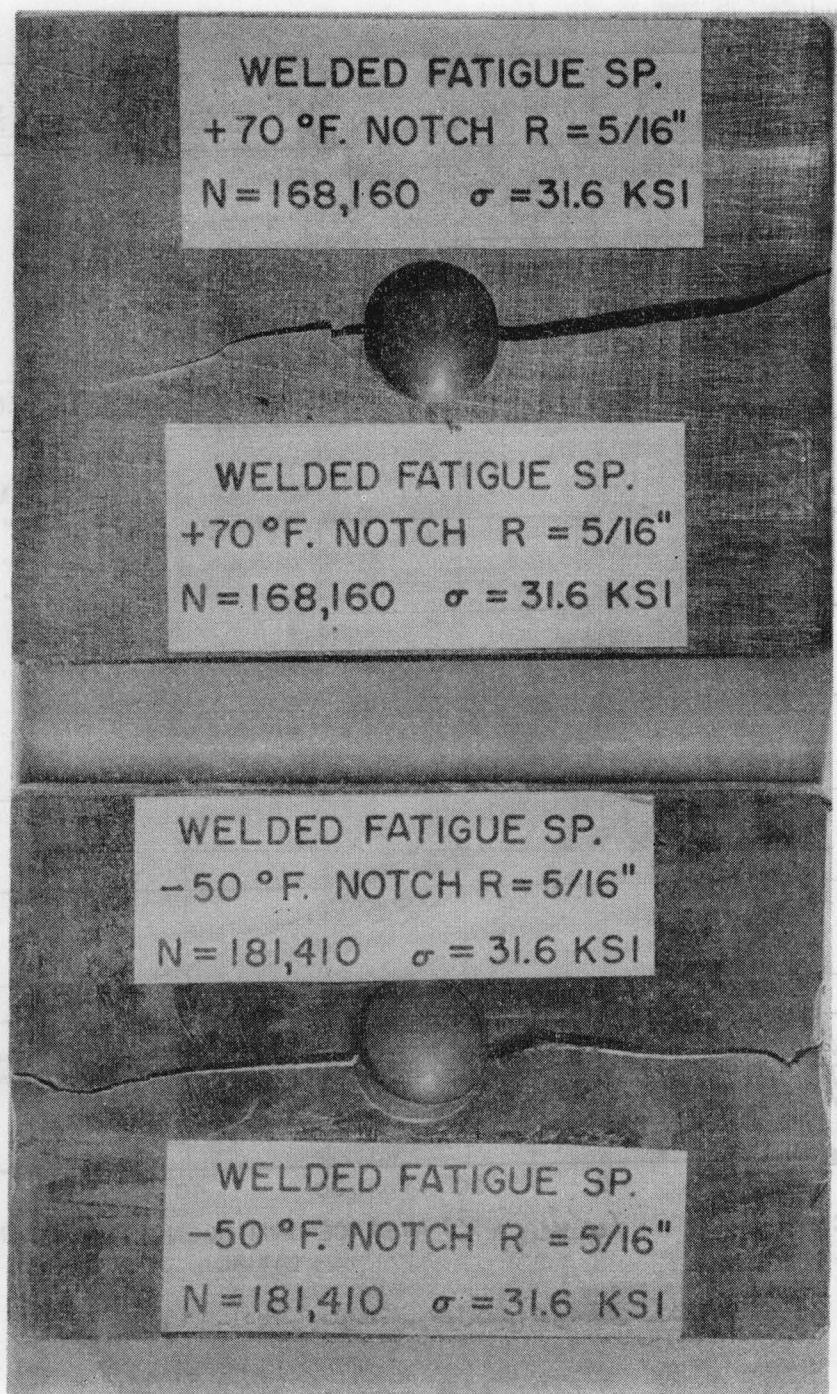
شکل ۱۴ - نسبت تنش واقعی نهائی برتنش واقعی ریزشی نمونه‌های کششی استاتیکی زخم‌دار با شعاعهای مختلف



شکل ۱۵ - انرژی جذب شده در واحد حجم نمونه های کششی زخم دار

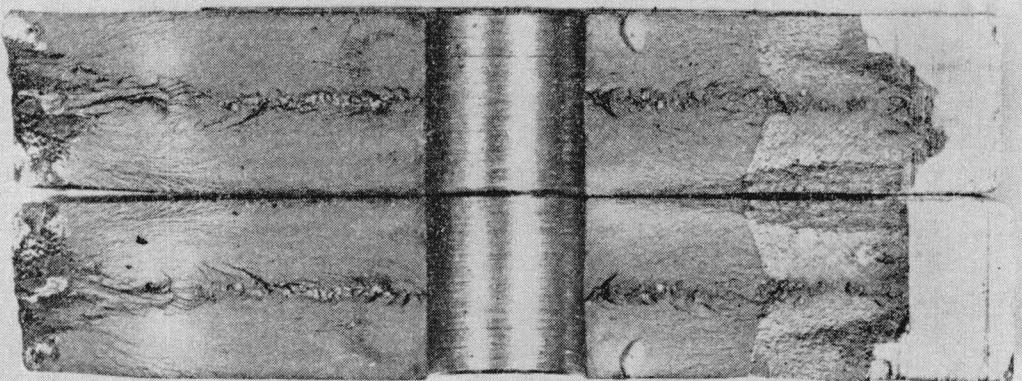


شکل ۱۶ - دیاگرام متوسط تغییر طول نسبی نمونه های کششی استاتیکی

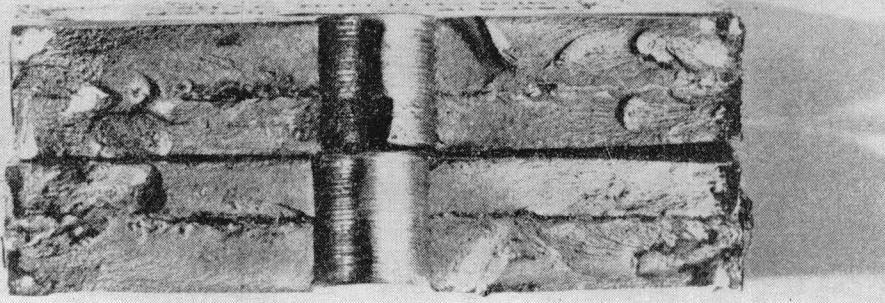


شکل ۱۷ - طرز شکست نمونه های آزمایشی خستگی جوش شده زخم دار

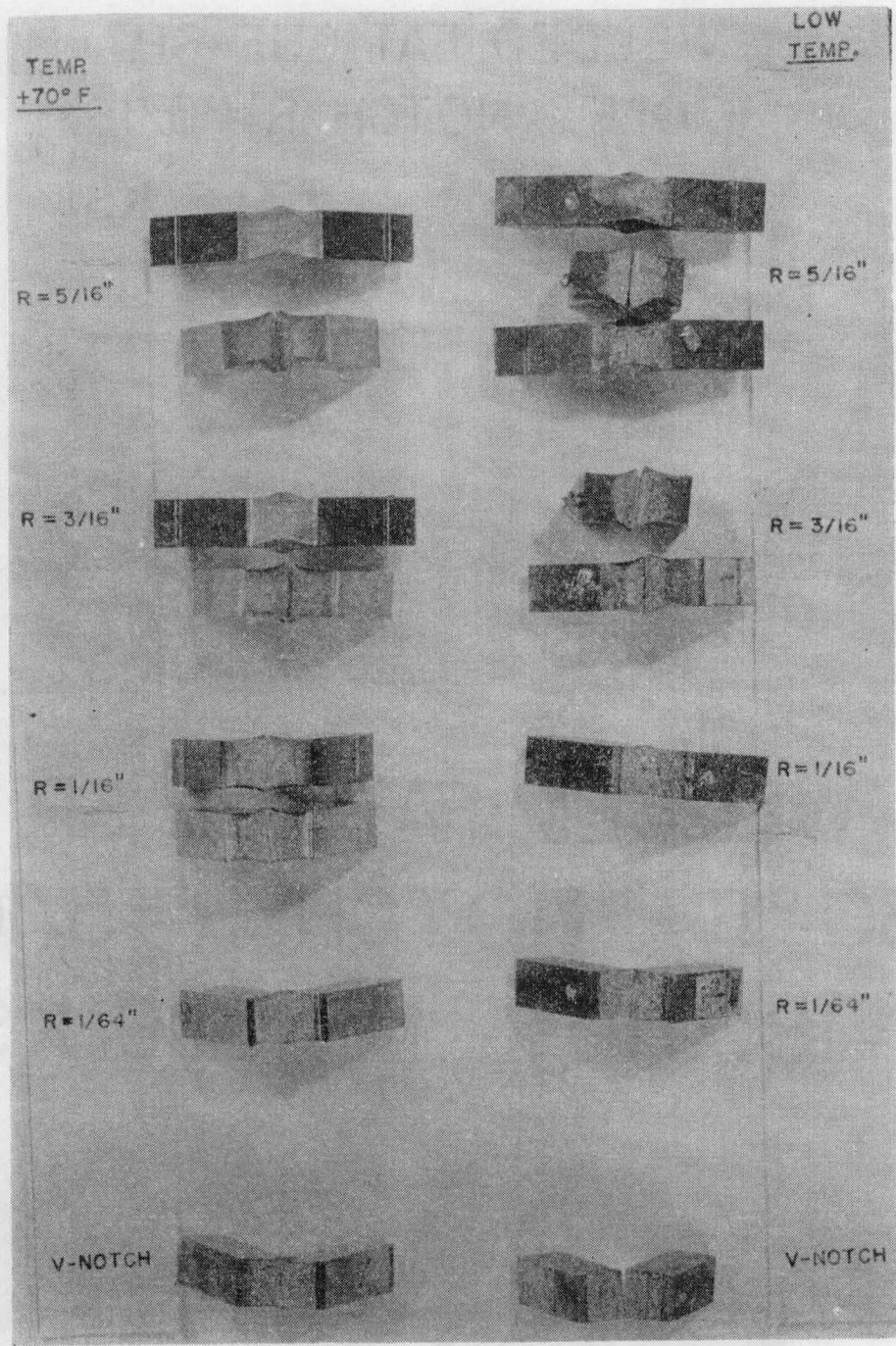
WELDED FATIGUE SP  
+70°F NOTCH R = 5/16"  
N=168,160               $\sigma$  = 31.6 KSI



WELDED FATIGUE SP.  
-50°F NOTCH R = 5/16"  
N=181,410               $\sigma$  = 31.6 KSI

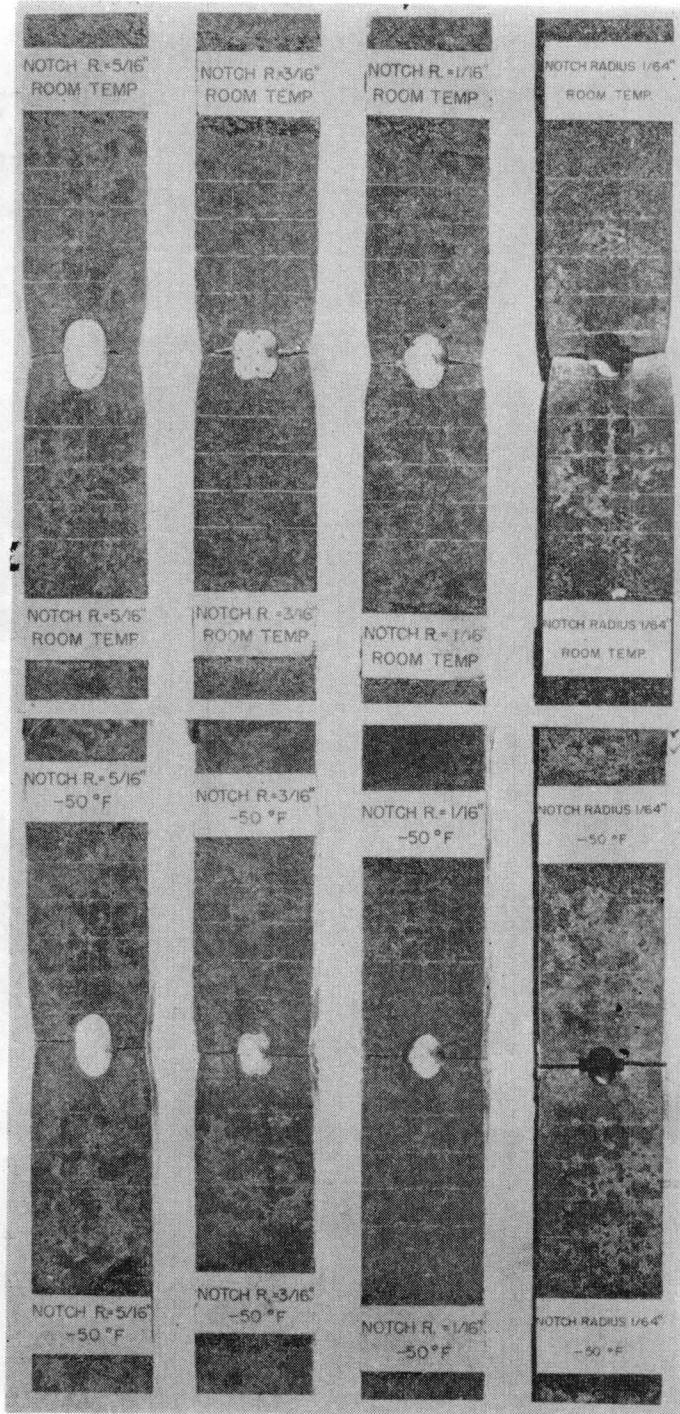


شکل ۱۸ - مقطع های نمونه های (شکل ۱۷)

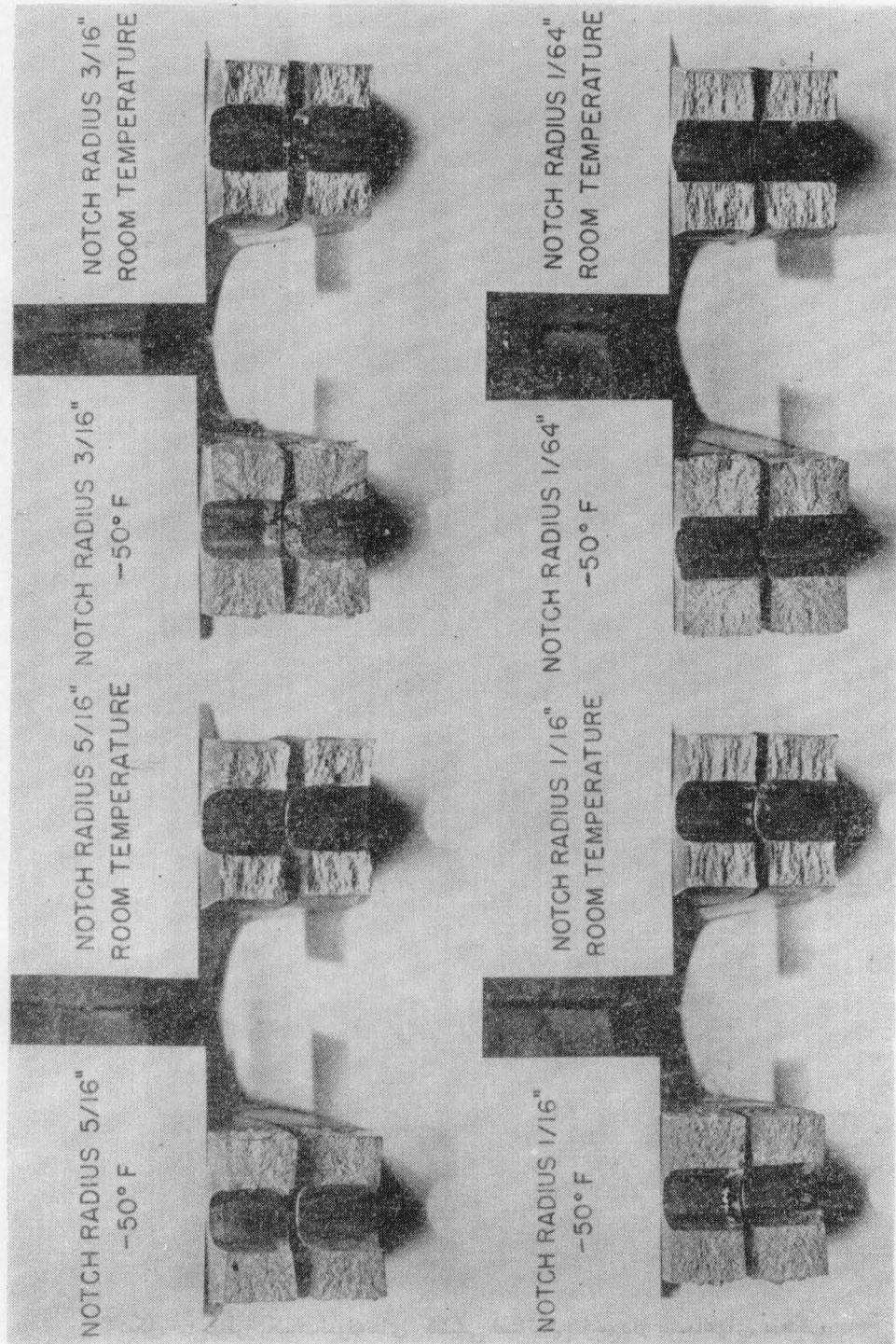


شکل ۱۹ - نمونه های آزمایشی ضربه ای شکسته شده و شکسته نشده

آزمایش ضربه ای (Charpy) - آزمایش شکسته (Break Test)



شکل ۲۰ - طرزشکست نمونه های کششی استاتیکی زخم دار با شعاع های مختلف



شکل ۱-۲ - مقاطع نمونه‌های آزمایشی کششی استاتیکی زخم دار شکسته شده با شعاع‌های مختلف

## فهرست مراجع

### Bibliography

1. Marin , J. Engineering Materials. Prentice – Hall , Inc. , Englewood Cliffs , New Jersey , 1957.
2. Grover , S.K. The Effect of Low Temperature upon the Fatigue of Notched A7 - 46 Steel. University of Washington, Seattle , 1958. Master's thesis.
3. Williams , Clifford D. and Ernest C. Harris . Structural Design in Metals , Second Edition , The Ronald Press Company, New York, 1957.
4. Shank, M.E. A Critical Survey of Brittle Failure in Carbon Plate Steel Structures Other than Ships. Bulletin No. 17, Jan. , 1954 . Welding Research Council of the Engineering Foundation, New York 18, N.Y., 1954.
5. Shank, M.E. Control of Steel Construction to Avoid Brittle Failure. welding Research Council, New York, N.Y. , 1957.
6. Parker, E. R. Brittle Behavior of Engineering Structures. John wiley and Sons, Inc. , New York., 1957.
7. Timoshenko , S. and J. N. Goodier . Theory of Elasticity , Second Edition , Mc Graw - Hill Book Company, Inc. , New York , 1951.
8. Wells , A. A. (British Welding Research Association , Abington , Cambridge , England)and D. Post(University of Illinois). The Dynamic Stress Distribution Surrounding A Runnig Crack – A Photoelastic Analysis. Experimental Stress Analysis , Vol. XVI , No. 1 , pages 69 - 92. Society for Experimental Stress Analysis , 1958.
9. Timoshenko, S. Strength of Materials, Part II, Third Edition. D. van Nostrand Company, Inc., Princeton , New York, 1957.
10. Neuber , N. Theory of Notch Stresses , Principles for Exact stress Calculation. Translated from Germanto English by F. A. Raven , Navy Department , David Taylor Model Basin ,Washington , D.C. 1945.
11. Nash , Dr.W. A. and W. A. Hijab. Impact Accompanied by Fatigue. Inter – national Association for Bridge and Structural Engineering , 16 th vol . Published by General Secretary in Zurich , Switzerland, 1956.
12. Grover , H. J. , S. A. Gordon and L. R. Jackson . Fatigue of Metals and Structures. Bureau of Aeronautics , Department of the Navy ,1954.
13. Olzak , W. Cracks in Structural Elements Considered as A Problem of A Theory of Elasticity and Plasticity. Translated by Antoni Byrski from the original

paper published in Archiwum Inzynieru Ladowej , Feb. , 1958.

14. Symposium on Basic Mechanisms of Fatigue presented at the Sixty-First Annual Meeting , American Society for Testing Materials Special Publication No. 237. Published by the ASTM , 1916 Race Street , Philadelphia 3, Pa. , June 1958.
15. VASARHELYI , D.D.and PAYVAR, K. "Fatigue behavior of Structural steels and their Weldments" Publication of the University of Washington, Seattle , Jan. 1965 .
16. VASARHELYI , D.D."The effect of Notches at Various Temperatures , Upon the Fatigue and Other Properties of Structural Steel". Association Internationale des Ponts et Charpentes. Sixième Congrès stockholm , 27 Juin- 1er Juillet 1960.