

آزمون‌های عملکردی اتصالات جوشکاری

بر پایه آزمون‌های مخرب

گردآوری و تدوین
سعید محسنی - حامد فروتن



شرکت طراحی و ساخت
موتورهای هوایی



سازمان صنایع هوایی نیروهای مسلح
Iran Aviation Industries Organization

فهرست مطالب

۹	پیشگفتار.....
۱۱	فصل ۱: مقدمه
۱۱	۱-۱- مقدمه.....
۱۲	۲-۱- آزمون قابلیت جوش پذیری.....
۱۴	۳-۱- قابلیت جوش پذیری مستقیم یا آزمون‌های جوشکاری واقعی.....
۱۵	فصل ۲: آزمون‌های کشش
۱۵	۱-۲- مقدمه.....
۱۶	۲-۲- نمونه‌های کشش عرضی.....
۲۰	۳-۲- نمونه‌های کشش طولی.....
۲۲	۴-۲- نمونه‌های کشش فلز و رزین.....
۲۳	۵-۲- نمونه‌های کشش صلیب جوش نقطه‌ای.....
۲۶	۶-۲- نمونه‌های کشش اتصال لحیم کاری.....
۲۷	فصل ۳: آزمون‌های برش
۲۷	۱-۳- مقدمه.....
۲۷	۲-۳- نمونه‌های برش جوش نواری.....
۳۱	۳-۳- نمونه‌های برش جوش نقطه‌ای.....
۳۳	۴-۳- نمونه‌های برش لحیم کاری شده.....
۳۷	فصل ۴: آزمون‌های خمش
۳۷	۱-۴- مقدمه.....
۴۱	۲-۴- نمونه‌های آزمون خمش هدایت‌شونده جوش طولی.....
۴۲	۳-۴- نمونه‌های خمش هدایت‌شونده جوش عرضی.....
۴۴	۴-۴- نمونه‌های آزمون خمش آزاد.....
۴۵	۵-۴- نمونه‌های خمش تی جوش نواری.....
۴۷	۶-۴- نمونه‌ی خمش شیاردار.....
۴۷	۷-۴- تجهیزات آزمون خمش.....

فصل ۵: آزمون‌های خستگی

۵۱

۵-۱- مقدمه ۵۱

۵-۲- نمونه‌های خستگی جوش عرضی ۵۵

۵-۳- نمونه‌های خستگی جوش طولی ۵۸

۵-۴- نمونه‌های خستگی جوش نواری ۶۰

۵-۵- نمونه‌های خستگی جوش نقطه‌ای ۶۲

۵-۶- نمونه‌های خستگی اتصال لحیم‌کاری شده ۶۳

فصل ۶: آزمون‌های چقرمگی شیار و چقرمگی شکست

۶۵

۶-۱- مقدمه ۶۵

۶-۲- نمونه‌های آزمون چقرمگی شیار ۶۷

۶-۲-۱- نمونه‌های ترک برای بارگذاری ضربه‌ای ۶۸

۶-۲-۲- نمونه‌های ترک برای بارگذاری استاتیکی ۷۲

۶-۲-۳- نمونه‌های ترک برای بارگذاری دینامیکی ۷۴

۶-۳- نمونه‌ها برای مطالعه: مکانیسم‌های شکست ۷۶

۶-۴- نمونه‌های آزمون چقرمگی شکست ۷۸

فصل ۷: آزمون‌های حساس به ترک خوردگی

۸۳

۷-۱- آزمون‌های ترک خوردگی گرم ناحیه هم‌جوش و زوب‌شدگی جزئی ۸۳

۷-۲- آزمون انگشت ۸۴

۷-۳- آزمون‌های حساس به ترک گرم باتل و هلدکرفت ۸۶

۷-۴- آزمون قید لبه‌ای ۸۷

۷-۵- آزمون قید متغیر ۸۷

۷-۶- آزمون NCFW ۸۸

۷-۶-۲- آزمون پاس ریشه ۸۹

۷-۶-۳- آزمون صفحه‌ای با سوراخ حفره کلیدی ۹۰

۷-۶-۴- آزمون قابلیت جوش‌پذیری فیلت دایره‌ای ناوی ۹۱

۷-۶-۵- آزمون ترک خوردگی شیار دایره‌ای و آزمون ترک خوردگی شیار چندقسمته ۹۲

۷-۶-۶- آزمون سرهم کردن دایره‌ای و سرهم کردن مقید ۹۳

۷-۶-۷- آزمون سیگماجیگ ۹۳

۹۴	۸-۶-۷- آزمون‌های قابلیت جوش‌پذیری ترک‌خوردگی عمومی ناحیه حرارت دیده.....
۹۵	۹-۶-۷- آزمون ترک‌خوردگی هیدروژنی.....
۹۷	۱۰-۶-۷- آزمون ایمپلنت.....
۹۸	۱۱-۶-۷- آزمون ترک‌خوردگی کرنش افزوده‌شده (RPI).....
۹۹	۱۲-۶-۷- آزمون شدت دمایی کنترل‌شده.....
۱۰۰	۱۳-۶-۷- آزمون قابلیت جوش‌پذیری سوراخ لیه‌ای.....
۱۰۰	۱۴-۶-۷- آزمون گوه.....
۱۰۱	۱۵-۶-۷- آزمون تکن.....
۱۰۲	۱۶-۶-۷- آزمون گرده شکافدار روی صفحه یا آزمون G-BOP.....
۱۰۳	۱۷-۶-۷- آزمون‌های ترک‌خوردگی بازگرم یا کرنش زمانی.....
۱۰۴	۱۸-۶-۷- آزمون کشش متراکم.....
۱۰۵	۱۹-۶-۷- آزمون رین کر.....
۱۰۵	۲۰-۶-۷- آزمون شیار مارپیچ.....
۱۰۷	۲۱-۶-۷- آزمون‌های گسیختگی ملار (ورقه‌ای).....
۱۰۷	۲۲-۶-۷- آزمون گسیختگی لاملا، کاپلور لیه‌ای.....
۱۰۸	۲۳-۶-۷- آزمون گسیختگی لاملا (ورقه‌ای).....
۱۰۸	۲۴-۶-۷- آزمون‌های قابلیت جوش‌پذیری غیرمستقیم، آزمون‌های جوش شبیه‌سازی شده.....
۱۰۹	۷-۷- آزمون‌های خوردگی.....
۱۱۰	۱-۷-۷- خوردگی یکنواخت و آزمون آن.....
۱۱۰	۲-۷-۷- خوردگی شیاری و آزمون آن.....
۱۱۱	۳-۷-۷- خوردگی حفره‌ای و آزمون آن.....
۱۱۱	۴-۷-۷- خوردگی میان دانه‌ای و آزمون آن.....
۱۱۲	۵-۷-۷- خوردگی تنش و آزمون آن.....

فصل ۸: آزمون‌های عملکردی جوش‌های پلاستیکی

۱۱۵	۱-۸- مقدمه.....
۱۱۶	۲-۸- آزمون‌های کوتاه‌مدت.....
۱۱۶	۱-۲-۸- آزمون‌های کشش.....
۱۱۶	۲-۲-۸- آزمون‌های نمونه‌های تخت.....

۱۱۸	 ۸-۲-۳- آزمون‌های نمونه‌های انحنادار
۱۱۹	 ۸-۲-۴- آزمون خمشی
۱۲۱	 ۸-۲-۵- آزمون‌های پوسته شدن
۱۲۱	 ۸-۲-۶- آزمون پیل T
۱۲۱	 ۸-۲-۷- آزمون چسبندگی
۱۲۲	 ۸-۲-۸- آزمون له‌شدگی
۱۲۲	 ۸-۲-۹- آزمون‌های ضربه
۱۲۲	 ۸-۲-۱۰- آزمون شاری
۱۲۳	 ۸-۲-۱۱- آزمون ضربه کششی
۱۲۳	 ۸-۲-۱۲- آزمون های جوش‌های التراسونیک
۱۲۳	 ۸-۳- آزمون‌های بلند مدت
۱۲۵	 ۸-۴- آزمون‌های بلاتر
۱۲۵	 ۸-۵- آزمون‌های ضربه
۱۲۵	 ۸-۵-۱- آزمون‌های فشار هیدرواستاتیکی

فصل ۹: بررسی آلیاژهای هوایی با تست‌های عملکردی

۱۲۷	 ۹-۱- مقدمه
۱۲۷	 ۹-۲- آزمون قید متغیر و نتایج آن
۱۲۸	 ۹-۲-۲- روشی برای تعیین کمی ترک‌خوردگی اندازه‌های جوش
۱۳۱	 ۹-۲-۳- روشی برای تعیین کمی ترک‌خوردگی مذاب ناحیه حرارت‌دیده
۱۳۵	 ۹-۳- آزمون اصلاح‌یافته گسیختگی پین ریختگی
۱۳۷	 ۹-۴- آزمون سیگماجیگ و نتایج آن
۱۳۹	 ۹-۵- آزمون شکل‌پذیری گرم و نتایج آن
۱۴۴	 ۹-۶- آزمون کرنش تا شکست و نتایج آن
۱۴۷	 پیوست
۱۴۷	 استانداردهای جوشکاری
۱۵۷	 مراجع
۱۵۹	 نمایه

پیشگفتار

بدون شک یکی از پرکاربردترین و حساس‌ترین فرایندهای مربوط به تولید قطعات، سازه‌ها و مجموعه‌های مرتبط با آن‌ها، اتصال از طریق جوشکاری است. در جوشکاری ماهیت اتصال از نوع متالورژیکی بوده و همراه با تغییر فاز و ساختار به همراه پیوندهای مولکولی است. بنابراین ساختار ماده در محل جوش، پس از جوشکاری، با شرایط قبل از آن متفاوت است.

این نوع از ویژگی‌ها، ایجاب می‌نماید که جهت تأیید و تصدیق اتصال‌های جوشکاری شده دقت و حساسیت بیشتری به عمل آید. به‌طور کلی آزمون‌های تأیید اتصالات جوشکاری به دو گروه آزمون "مخرب" و "غیر مخرب" تقسیم‌بندی می‌شوند. بررسی‌های انجام‌شده در صنایع مختلف گویای این مطلب است که در کشور ما تاکنون بیشتر توجه و تمرکز مهندسين و گروه‌های تضمین مرغوبیت در ارزیابی اتصالات جوشکاری، تأکید بر انجام آزمون‌های غیرمخرب جوش نظیر رادیوگرافی، مایع نافذ و یا استفاده از امواج مافوق صوت جهت تشخیص عیوب بوده است.

انجام آزمون‌های مخرب و عملکردی امروزه یک جنبه تفکیک‌ناپذیر در فرایند تأیید اتصالات جوشکاری در صنایع با سطح فناوری متوسط و بالا محسوب می‌شود، به‌طوری‌که انجام آزمون‌های مخرب جهت اتصالات جوشکاری یک الزام در ساخت و تأیید فرایندهای جوشکاری به‌ویژه در حوزه هوافضا است. با انجام این گروه از آزمون‌ها می‌توان شرایط عملکردی و رانندگی قطعه از نظر تحمل بارهای استاتیکی و دینامیک را شبیه‌سازی نموده و از نظر قابلیت سرویس در سطح خط یا مجموعه در شرایط سرویس تخمین درستی کسب کرد. باید توجه داشت که هدف از انجام آزمون‌های عملکردی جوش به دست آوردن داده‌های کمی است که قابلیت مقایسه داشته و درصد خطای انسانی دخیل در آن‌ها پایین باشد. از این حیث می‌توان گفت آزمون‌های عملکردی جوش را باید از بررسی‌های متالورژیکی تفکیک کرد، چراکه بررسی متالورژیکی بعضاً با تفسیرهای متفاوتی همراه بوده و خطای انسانی بالاتری هم دارند.

این کتاب مجموعه‌ای از انواع آزمون‌های مختلف برای ارزیابی اتصالات جوشکاری شده بر پایه آزمون‌های مخرب است که در جمع‌آوری و نگارش آن سعی شده از منابع معتبر و برخی استانداردهای جاری مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاهی که در حوزه نظامی و هوافضا فعال هستند (نظیر Pratt & Whitney)

و General Electirc)، استفاده شود. همچنین نظر به استفاده روزافزون از مواد پلیمری در صنایع مختلف در فصلی جداگانه به روش‌های کنترل کیفی اتصالات جوشکاری شده این دسته از مواد پرداخته شده است. امید است مجموع مطالب عنوان‌شده برای فعالین عرصه صنعت و پژوهشگران بخش‌های تحقیقاتی مفید واقع گردد.

سعید محسنی - حامد فروتن

بهمن‌ماه ۱۳۹۷

www.ketab.ir