



خوردگی در جوش

ترجمه:

حمید امیدوار

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سید مهدی هادوی

عضو هیئت علمی دانشگاه مالک اشتر

آیدا حسینیان

بهروز باقری

پاییز ۱۳۹۴

عنوان و نام پدیدآور	: خوردگی در جوش / ویراستار ج. آر دیویس؛ ترجمه حمید امیدوار... [و دیگران].
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۴۵۲ ص.
شابک	: 978-964-463-614-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Corrosion of weldments.c, 2006.
یادداشت	: ترجمه حمید امیدوار، سید مهدی هادوی، ایدا حسینیان، بهروز باقر.
موضوع	: فولاد ساختمانی -- جوشکاری
موضوع	: فولاد ساختمانی -- خوردگی
موضوع	: اتصال های جوش شده
شناسه افزوده	: امیدوار، حمید، ۱۳۴۹ - ، مترجم
شناسه افزوده	: دیویس، جوزف آر.، ویراستار
شناسه افزوده	: Davis, J. R. (Joseph R.)
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	: TS۲۲۷/۲/خ۹۴ ۱۳۹۴
رده بندی دیویی	: ۶۷۱/۵۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۹۵۶۶۴۲

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۶/۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: خوردگی در جوش
ترجمه	: حمید امیدوار - سید مهدی هادوی - ایدا حسینیان - بهروز باقری
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: پاییز ۱۳۹۴
تیراژ	: ۳۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۲۵۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۱۴-۱
	تلفن مرکز پخش: ۶۶۴۹۸۸۶۸
	ISBN : 978-964-463-614-1

آدرس: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است.

فهرست

عنوان

صفحه

I	مقدمه
۱	فصل اول: مفاهیم اولیه خوردگی جوش
۱	عوامل موثر بر خوردگی قطعات جوشکاری شده
۲	ریزساختار جوش
۴	انواع خوردگی در جوش
۱۶	ملاحظات جوشکاری برای کم کردن میزان خوردگی
۱۶	ملاحظات جوشکاری برای کم کردن میزان خوردگی
۱۹	مراجع
۲۱	فصل دوم: خوردگی جوش فولادهای کربنی و کم آلیاژ
۲۱	طبقه‌بندی فولادها و خواص جوشکاری آن‌ها
۲۲	فولادهای ساده کربنی
۲۲	فولادهای کم‌کربن
۲۲	فولادهای با درصد کربن بین ۰/۱۵ تا ۰/۳ درصد (فولادهای آرام)
۲۳	فولادهایی با کربن متوسط
۲۳	فولادهای پرکربن
۲۸	فولادهای کم آلیاژ با استحکام بالا (HSLA)
۲۸	فولادهای کوئنچ-تمپر شده
۲۸	فولادهای کم‌آلیاژ عملیات حرارتی شونده (HTLA)
۲۸	فولادهای عملیات ترمومکانیکی شده (TMCP)
۲۹	فولادهای کروم-مولیبدن دار
۲۹	فرآیندهای جوشکاری
۲۹	کنترل خوردگی جوش فولادهای کربنی و کم آلیاژ
۳۰	خوردگی جوش فولادهای کربنی
۳۰	تأثیر میکروساختار جوش
۳۱	تنش باقیمانده

۳۱.....	خوردگی ترجیحی ناحیه متأثر از حرارت
۳۳.....	خوردگی خط مرزی ناحیه متأثر از حرارت/منطقه ذوبی خطوط لوله
۳۳.....	خوردگی ترجیحی فلز جوش
۳۵.....	پیشگیری از خوردگی ترجیحی جوش
۳۶.....	خوردگی گالوانیک
۳۶.....	نمونه‌هایی از خوردگی گالوانیک در صنعت
۳۹.....	ترک ناشی از محیط (EAC)
۳۹.....	ترک ناشی از سولفید هیدروژن تر
۳۹.....	ترک خوردگی ناشی از هیدروژن
۴۰.....	ترک در اثر خوردگی تنشی
۴۰.....	ترک در اثر خوردگی تنشی ناشی از تنشهای پسماند جوشکاری
۴۰.....	ترک در اثر خوردگی تنشی فولاد کربن - منگنز در یک کارخانه شیمیایی جاذب دی اکسید کربن [۲۱]
۴۶.....	ترک در اثر خوردگی تنشی ناشی از نیتراها
۴۶.....	ترک در اثر خوردگی تنشی در پالایشگاههای نفت
۴۷.....	نشستی مقاطع جوشکاری شده فولاد کربنی در یک واحد بازیابی سولفور
۵۰.....	محاسبات بازدارنده
۵۰.....	خوردگی جوشها در مخازن گاززدایی از جنس فولاد کربنی
۵۰.....	ترک خوردن جوش در مخازن گاززدایی پالایش نفت
۵۵.....	ترک ناشی از هیدروژن [۲۳ و ۲۴]
۵۸.....	جلوگیری از HIC
۵۹.....	تأثیر عملیات جوشکاری بر خوردگی جوش
۵۹.....	تأثیر عملیات جوشکاری بر خوردگی جوش
۶۷.....	مراجع
۶۹.....	فصل سوم: خوردگی جوش فولادهای زنگ نزن آستیتی
۶۹.....	علامت گذاری فولاد های زنگ نزن آستیتی
۶۹.....	پایه‌های استاندارد
۷۶.....	پایه‌های غیراستاندارد
۷۶.....	فولادهای زنگ‌نزن سوپر آستیت
۷۷.....	خواص
۷۷.....	خواص مکانیکی

۷۷	مقاومت خوردگی
۷۸	ملاحظات معمول جوشکاری
۷۹	رفتار خوردگی
۸۰	خوردگی بین دانه‌های
۸۲	جلوگیری از خوردگی بین دانه‌های
۸۴	ناحیه متأثر از حرارت حساس شده در فولادهای زنگ‌زن نوع ۳۰۴ و ۳۱۶
۸۵	حساس شدن در دمای پایین
۸۵	حمله خط چاقویی
۸۶	رشد ترک بین دانه ای در اثر خوردگی تنش
۸۶	خوردگی ترجیحی همراه با رسوبهای فلز جوش
۸۹	خوردگی شیاری و حفرهای
۹۴	خوردگی شیاری
۹۸	خوردگی پیاله‌ای
۹۸	مثال ۱: حوضچه‌های جوش در لوله‌های مبدل حرارتی از جنس فولاد زنگ‌زن
۹۹	ترک در اثر خوردگی تنش (SCC)
۱۰۰	SCC کلریدی
۱۰۱	ترد شدن سوزآور (SCC سوزآور)
۱۰۳	مثال ۲: SCC در لوله از جنس فولاد زنگ‌زن نوع ۳۰۴ ناشی از تنشهای پسماند جوش
۱۰۵	خوردگی متأثر از عوامل میکروبیولوژیکی
۱۰۹	مثال ۳: خوردگی میکروبیولوژیکی جوش لب به لب در محازن آب [۱۸]
۱۱۷	دیگر عوامل موثر بر خوردگی قطعات جوشکاری شده
۱۲۵	نواحی مخلوط نشده
۱۲۷	مراجع
۱۲۹	فصل چهارم: خوردگی جوش در فولادهای زنگ نزن فریتی
۱۳۰	طبقه بندی دسته ها
۱۳۰	آلیاژهای گروه یک
۱۳۱	آلیاژهای گروه دو
۱۳۲	آلیاژهای گروه سه
۱۳۴	خواص
۱۳۴	خواص مکانیکی

۱۳۴.....	مقاومت به خوردگی
۱۳۵.....	ملاحظات کلی جوشکاری
۱۳۶.....	جوش پذیری
۱۴۰.....	رفتار خوردگی
۱۴۰.....	تردی هیدروژنی
۱۴۰.....	خوردگی بین دانه ای
۱۴۱.....	جلوگیری از خوردگی بین دانه ای
۱۴۳.....	پایدار سازی کربن و نیترژن
۱۴۴.....	جوشکاری صحیح و عملیات حرارتی پس از آن
۱۴۷.....	مثال (۱): سوراخ شدن محل جوش در دستگاه تبخیر آب از جنس فولاد زنگ نزن فریتی
.....	مثال (۲): تخریب جوش به علت خوردگی بین دانه ای و ترک دار شدن در ژنراتور بخار بازیاب
۱۵۲.....	حرارتی
۱۵۵.....	متالورژی فولادهای زنگ نزن فریتی
۱۵۸.....	طراحی و ساخت سیکل تغذیه
۱۵۹.....	عملکرد سیکل تغذیه آب
۱۶۶.....	مراجع
۱۶۹.....	فصل پنجم: خوردگی جوش در فولاد های زنگ نزن دوبلکس
۱۶۹.....	توسعه فولاد های زنگ نزن دوبلکس و علامتگذاری آنها [۱]
۱۷۲.....	میکروساختار و خواص
۱۷۴.....	خواص مکانیکی و فیزیکی
۱۷۴.....	خواص گرمایی دمای بالا
۱۷۵.....	مقاومت به خوردگی
۱۷۷.....	ملاحظات عمومی جوشکاری
۱۷۸.....	جوشکاری ذوبی
۱۷۹.....	فلز های پر کننده مصرفی
۱۸۱.....	رفتار خوردگی جوش
۱۸۲.....	تاثیر تعادل فازي فریت/آستنیت در مقاومت به خوردگی
۱۸۴.....	تاثیر جوشکاری بر مقاومت به خوردگی حفره ای و ترک در اثر خوردگی تنش
۱۸۷.....	خوردگی بین دانه ای
۱۹۴.....	ترک در اثر خوردگی تنش

۱۹۵	استفاده از فلزهای پر کننده پر آلیاژ
۱۹۶	مراجع
۱۹۹	فصل ششم: خوردگی جوش های فولاد زنگ نزن مارتزیتی
۱۹۹	معرفی گروه ها
۲۰۰	گروه های استاندارد
۲۰۰	گروه های فولادهای مارتزیتی کم کربن و بدون نیکل
۲۰۱	گروه مارتزیتی کم کربن و حاوی نیکل
۲۰۲	گروه های مارتزیتی کربن بالا و کروم بالا
۲۰۳	گروه های غیراستاندارد
۲۰۴	خواص
۲۰۴	خواص مکانیکی
۲۱۰	ملاحظات کلی جوشکاری
۲۱۱	رفتار خوردگی
۲۱۱	ترک هیدروژنی
۲۱۳	مقاومت به ترک در اثر خوردگی تیشی جوش نوع ۴۱۰
۲۱۷	مراجع
۲۱۹	فصل هفتم: خوردگی جوش آلیاژهای نیکل بالا
۲۲۰	انواع آلیاژهای مقاوم در مقابل خوردگی (CRA)
۲۲۱	نقش عناصر مختلف در آلیاژهای نیکل
۲۲۴	نیکل خالص تجاری
۲۲۴	آلیاژهای نیکل - مس
۲۲۵	آلیاژهای نیکل - مولیبدن
۲۲۶	آلیاژهای نیکل - کروم
۲۲۶	آلیاژ نیکل - کروم - مولیبدن
۲۲۸	آلیاژهای نیکل - کروم - آهن
۲۲۸	آلیاژهای نیکل - آهن - کروم
۲۲۹	ملاحظات عمومی در جوشکاری
۲۳۰	فرایند جوشکاری
۲۳۱	انتخاب فلز پرکننده
۲۳۱	متالورژی جوش آلیاژهای مقاوم به خوردگی

۲۳۵.....	متالورژی جوشکاری آلیاژهای مقاوم به خوردگی نیکل-مس، نیکل-کروم و نیکل-کروم-آهن.
۲۳۵.....	رسوب در مرزدهانه در منطقه متاثر از حرارت
۲۳۵.....	ریزجدایش در ناحیه ذوب جوشکاری خودزا
۲۳۶.....	رفتار خوردگی
۲۳۷.....	آلیاژهای نیکل-مولیبدن
۲۳۸.....	آلیاژهای نیکل-کروم-مولیبدن
۲۴۳.....	پایداری فازی آلیاژهای پایه نیکل و رفتار خوردگی
۲۴۳.....	رسوب فاز ثانویه
۲۴۳.....	اثر فازهای بین فلزی
۲۴۴.....	تغییر در نرخ خوردگی آلیاژ ۶۰۲۲ N در اثر رسوب فاز ثانویه
۲۴۸.....	مراجع
۲۵۱.....	فصل هشتم: خوردگی جوش آلیاژهای غیر آهنی-آلومینیوم
۲۵۱.....	آلومینیوم و آلیاژهای آن
۲۵۲.....	ملاحظات عمومی جوشکاری
۲۵۴.....	رفتار خوردگی آلیاژهای آلومینیوم
۲۵۹.....	خوردگی شیار چاقویی
۲۶۱.....	جلوگیری از ترک در اثر خوردگی تنشی
۲۷۱.....	جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی (FSW)
۲۷۴.....	خوردگی در آب و بخار
۲۷۵.....	اثر pH
۲۷۹.....	مراجع
۲۸۱.....	فصل نهم: خوردگی جوش آلیاژهای غیر آهنی-مس و آلیاژهای آن
۲۸۲.....	بررسی حلالیت گازها در مس و آلیاژهای آن
۲۸۲.....	اکسیژن
۲۸۴.....	هیدروژن
۲۸۵.....	ملاحظات عمومی جوشکاری
۲۸۸.....	جوشکاری با الکترود کربنی و فلاکس
۲۸۹.....	جوشکاری قوس الکتریک با الکترود پوشش دار
۲۸۹.....	جوشکاری قوسی
۲۸۹.....	جوشکاری با گاز

۲۹۰	جوشکاری لیزری (LBW).....
۲۹۰	جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی.....
۲۹۰	رفتار خوردگی در جوش مس.....
۲۹۵	مراجع.....
۲۹۷	فصل دهم: خوردگی جوش آلیاژهای غیر آهنی - تیتانیوم.....
۲۹۹	ملاحظات عمومی جوشکاری [۲].....
۳۰۲	رفتار خوردگی جوش تیتانیوم و آلیاژهای آن.....
۳۰۳	تردی هیدروژن.....
۳۰۶	مثال ۱: شکست مخزن تحت فشار جوش داده شده بعلت تردی هیدروژنی.....
۳۰۸	مراجع.....
۳۰۹	فصل یازدهم: خوردگی جوش آلیاژهای غیر آهنی - زیر کونیوم و تانتالیوم.....
۳۱۱	ملاحظات عمومی جوشکاری زیرکونیوم.....
۳۱۳	رفتار خوردگی زیرکونیوم و جوش آلیاژهای زیرکونیوم.....
۳۱۴	ترک خوردگی تاخیری هیدروژنی.....
۳۱۷	تانتالیوم و آلیاژهای آن.....
۳۱۸	ملاحظات عمومی جوشکاری تانتانیوم.....
۳۱۸	رفتار خوردگی جوش تانتالیوم و آلیاژهای آن.....
۳۲۰	تجارب آزمایشگاهی مرتبط.....
۳۲۱	حد اکسیژن در جوش تانتالیوم.....
۳۲۳	مراجع.....
۳۲۵	فصل دوازدهم: خوردگی جوش فلزات غیر متشابه.....
۳۲۶	عوامل تاثیر گذار بر سالم بودن جوش [۱].....
۳۳۱	رفتار خوردگی.....
۳۳۱	مقاومت به خوردگی گالوانیک و اکسیداسیون.....
۳۳۱	ترک خوردگی در اثر القا هیدروژن.....
۳۳۴	حساس شدن.....
۳۳۵	مراجع.....
۳۳۷	فصل سیزدهم: خوردگی جوش در صنایع و محیط های خاص.....
۳۳۷	خوردگی جوش در پالایشگاه نفت و فرایندهای پتروشیمی.....

۳۳۸	.....	ملاحظات تولید
۳۳۹	.....	ترک خوردگی H ₂ S تر
۳۳۹	.....	ترک تنشی سولفیدی
۳۴۰	.....	ترک خوردگی القا شده در اثر هیدروژن
۳۴۱	.....	تجربه پالایشگاهی با SSC
۳۴۵	.....	گسستگی هیدروژنی القایی
۳۴۶	.....	تردی فلزات مذاب
۳۴۸	.....	جلوگیری از تردی روی
۳۴۸	.....	ترک در اثر خوردگی تنشی در محیط رآکتور آب جوشان
۴۹۳	.....	سیستم لوله کشی رآکتور آب جوشان
۳۵۰	.....	ترک در اثر خوردگی تنشی جوش لوله
۳۵۲	.....	مدل ترک بین دانه‌های در اثر خوردگی تنشی IGSCC
۳۵۳	.....	تنش های پسماند جوشکاری
۳۵۵	.....	پایداری تنش های پسماند جوشکاری
۳۵۶	.....	خواص مکانیکی جوش
۳۵۷	.....	اثر روش آماده سازی جوش
۳۵۸	.....	کاهش IGSCC در توربین های بخار
۳۵۸	.....	عملیات حرارتی محلولی
۳۶۰	.....	روکشکاری مقاوم به خوردگی
۳۶۰	.....	ترمیم به کمک جوش روکشی
۳۶۱	.....	راه حل‌های کاهش تنش کششی
۳۶۱	.....	جوشکاری حوضچه حرارتی
۳۶۱	.....	بهبود تنش های حرارتی القایی
۳۶۳	.....	جوشکاری حوضچه گرمایی پاس آخر
۳۶۴	.....	راه حل‌های محیطی
۳۶۴	.....	خوردگی در صنایع خمیر و کاغذ سازی
۳۶۵	.....	خط تولید خمیر
۳۶۵	.....	خوردگی جوش دایجستر
۳۶۹	.....	جلوگیری از ترک خوردگی جوش دایجست
		مثال ۱ - SCC بین دانه ای لوله های جوشکاری شده فولاد کربنی در خط اکولایزر دایجست
۳۶۹	.....	پیوسته کامیر [۵۴]

۳۷۵	خوردگی جوش در کارخانه های بلیچینگ خمیر
۳۷۵	خوردگی شستشو دهنده ها
مثال ۲.	خوردگی و ترک بین دانه ای کاهنده مقاطع لوله های فولاد زنگ نزن در کارخانه بلیچینگ
۳۷۷	در حال کار [۶۰]
۳۸۳	نتیجه گیری و توصیه ها
۳۸۴	مراجع
۳۸۹	فصل چهاردهم: ثبت، پایش و آزمایش خوردگی جوش
۳۹۰	آزمایش مستقیم نمونه ها
۳۹۰	مزایای آزمون کوپن [۲]
۳۹۱	فرآیند واقعی محیط
۳۹۱	طراحی کوپن ها
۳۹۱	معایب آزمایش کوپن [۲]
۳۹۱	تغییر شدید در خوردگی
۳۹۲	نرخ خوردگی کوپنها در مقایسه با خوردگی تجهیزات
۳۹۲	شکل های خوردگی مشخص شده
۳۹۲	ویژگیهای کوپن
۳۹۴	کوبنهای خوردگی تنشی
۳۹۵	کوپن های خوردگی شیاری
۳۹۵	تکنیکهای الکتروشیمیایی
۳۹۶	مقاومت پلاریزاسیون خطی (LPR)
۳۹۶	اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)
۳۹۷	نویز الکتروشیمیایی (EN)
۳۹۷	پتانسیل خوردگی
۳۹۸	آزمایشهای غیرمخرب [۷]
۳۹۸	آزمایش امواج فراصوتی جوش ها در اتصالات فرعی راکتورهای آب جوش
۴۰۰	آزمایش خوردگی
۴۰۰	آزمایشهای خوردگی بین دانه ای
۴۰۰	آزمونهای فولاد زنگزن و آلیاژهای نیکل
۴۰۴	بررسی ریزساختاری
۴۰۵	آزمونهای قبولی

۴۰۸.....	آزمایش الکتروشیمیایی
۴۰۹.....	آزمایشهای خوردگی شیاری و خوردگی حفرهای
۴۰۹.....	آزمایش های خوردگی تنشی
۴۱۱.....	بررسی های خاص در مورد آزمون جوش ها
۴۱۲.....	آزمایش MIC
۴۱۳.....	مراجع
۴۱۵.....	واژه نامه
۴۲۷.....	نمایه

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه با توجه به نقش اساسی زیر ساختها در توسعه اقتصادی، صنعتی و اجتماعی و..... رویکرد جدی سیاستگذاران صنعتی به فناوری های زیر ساختی مبحثی جدی و ضروری است. با توجه به اینکه فناوری جوشکاری در توسعه و ایجاد زیرساختها نقش اساسی دارد، لذا این فناوری و مسائل مرتبط با آن نیاز به توجه همه جانبه دارد.

جوشکاری یکی از مهم ترین فرآیندهای تولید سازه های فلزی به شمار می آید. در سازه های بزرگ که اتصال قسمت ها امری الزامی است، جوشکاری بصورت یک فرایند جدی مدنظر قرار می گیرد. از این رو مطالعات ساختاری جوشکاری، در مدت طولانی مورد توجه دانشکده ها، صنایع و سازمان ها قرار گرفته و انجمن های علمی و صنعتی از جمله جامعه جوشکاری آمریکا¹ و موسسه جوشکاری ادیسون² در ایالات متحده و موسسه جوشکاری در انگلستان تشکیل شده است.

لازم به ذکر است هر ساله سهم قابل توجهی از تولید ناخالص ملی کشورها سهم تلفات مرتبط با خوردگی در سازه های فلزی می شود. لذا تحقیقات زیادی بر روی اصول خوردگی و انواع مختلف آن انجام شده است. مبحث خوردگی جوش، به بررسی هردو عامل می پردازد و بیان می کند که چگونه فرایند جوشکاری می تواند ریزساختار فلز و مقطع جوش و رفتار خوردگی را تحت تاثیر قرار دهد. ترک هیدروژنی القایی جوش های فولادی، خوردگی بین دانه ای و حساس شدن جوش های فولاد، ترک تنشی سولفیدی جوش های فولادی خط لوله، خوردگی القایی میکروبیولوژیکی جوش ها و ترک خوردگی تنشی جوش ها، از جمله مباحثی است که با جزئیات در کتاب حاضر مورد بررسی قرار می گیرد.

بدین ترتیب در این کتاب اگرچه بر روی فولادهای ساده کربنی و زنگ نزن تاکید شده است، اما آلیاژهای غیر آهنی شبیه آلیاژهای نیکل بالا، آلیاژ آلومینیومی و آلیاژهای تیتانیومی را نیز تا حدی تحت پوشش قرار داده است. لذا کتاب حضور یکی از جامع ترین مراجع است که با توجه به اهمیت موضوع، خوردگی جوش در برخی صنایع و نیز در برخی محیط ها را به دلیل اینکه روش های خاصی برای نظارت خوردگی و آزمایش های جوشکاری بکار می گیرند، مورد بررسی قرار داده است. در نهایت از آنجا که یکی از محوری ترین کتابها در این حوزه، کتاب *Corrosion of weldment* نوشته جی آر دیویس از انتشارات ASM می باشد، لذا در نگارش سعی بر این شده است تا ضمن معرفی منابع اضافی در پایان فصول، بر مبنای کتاب مذکور مطالب تنظیم شود.

¹American Welding Society

²Edison Welding Institute

در خاتمه از زحمات سرکار خانم مهربانو ملکی، کارشناس اداره انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر به واسطه دقت نظر در انجام اصلاحات ویراستی کمال تشکر می گردد.

www.ketab.ir