



加工指南 JFE的耐磨钢板

EVERHARD™

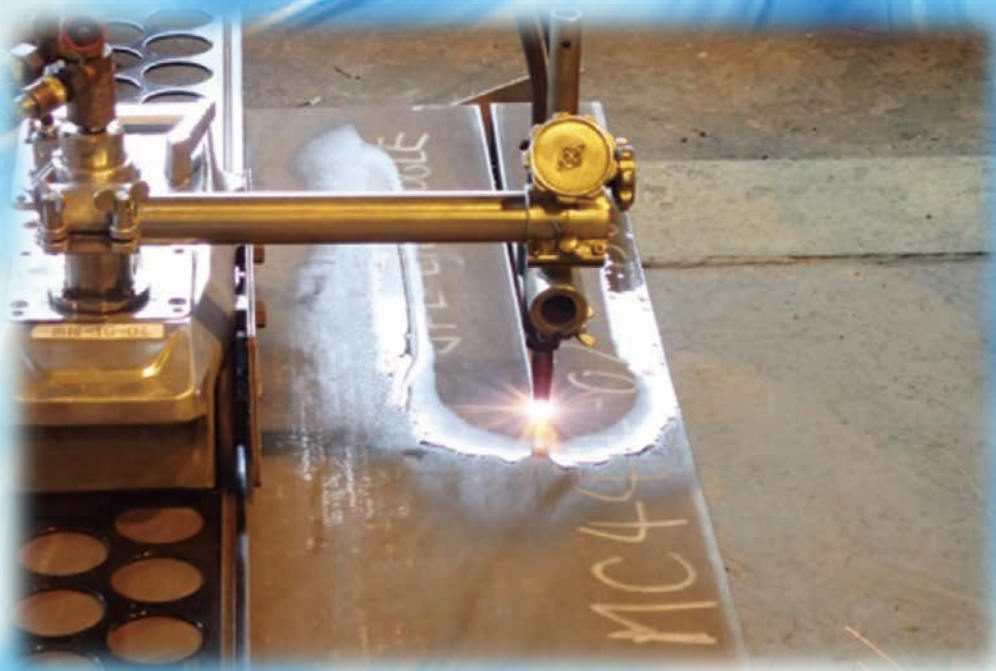
—热切割—



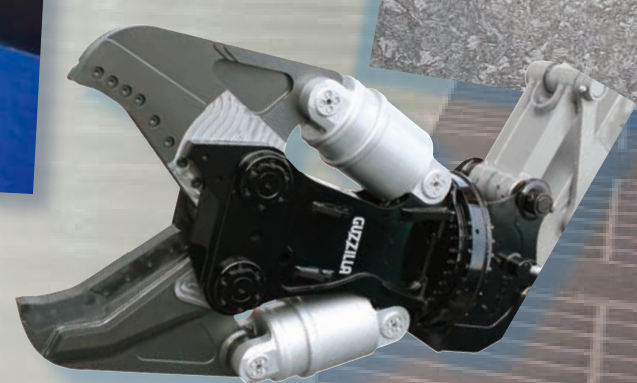
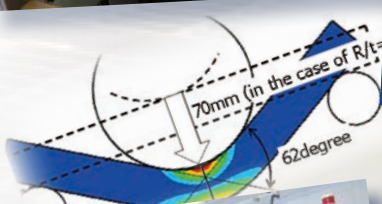
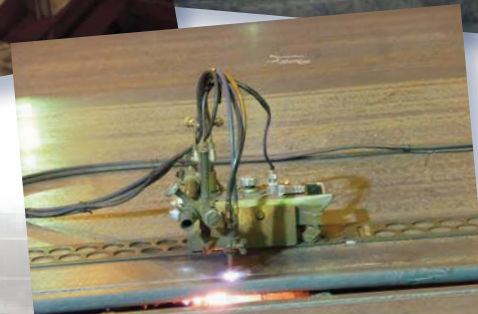
EVERHARD™

JFE's Abrasion-Resistant Steel Plate

才是硬道理



JFE 钢铁 株式会社



目 录

加工指南 JFE 的耐磨钢板 EVERHARD™ -热切割-	1
1. EVERHARD 的切割工艺 (热切割)	2
1.1 气割	2
1.2 等离子切割	2
1.3 激光切割	2
2. 气割时的注意事项	3
2.1 推荐的气割条件	3
2.1.1 预热及后热	3
2.1.2 切割速度	4
2.1.3 其他推荐的对策	5
2.1.4 关于较小材料的切割	5
3. 对切割面的热影响	6
4. 关于延迟裂纹 [说明]	7
4.1 何谓延迟裂纹	7
4.2 裂纹发生因子	7
4.3 延迟裂纹的防止对策	8
5. 关于切割作业在健康方面、安全方面的注意事项	9
结语	9

“EVERHARD”是JFE钢铁株式会社(日本国内以及其他国家)的注册商标。

加工指南 JFE 的耐磨钢板 EVERHARD™ — 热切割 —

JFE 钢铁从 1955 年开始在日本国内率先生产耐磨钢板“EVERHARD”。从此，EVERHARD 产品在产业机械以及土木建筑机械、矿山机械以及农业机械等领域得到广泛应用。

当前，EVERHARD 已被视为实现客户满意度不可缺少的产品。

为了使所有客户都能够有效、放心地使用 EVERHARD，并且运用其优异的性能，我们准备了本《加工指南 JFE 的耐磨钢板 EVERHARD — 热切割 —》，希望能够协助广大客户更好地使用 EVERHARD。

长期以来客户对 EVERHARD 予以大力支持，本公司在此表示衷心感谢，今后还敬请继续惠顾为盼。

EVERHARD 的特点

型号	特点	商品名称
C (标准系列)	标准通用型 EVERHARD。 着眼于钢板硬度的经济型标准合金设计。 严格控制表面硬度范围，减少加工性能的不均匀。	EVERHARD-C340
		EVERHARD-C400
		EVERHARD-C450
		EVERHARD-C500
		EVERHARD-C550
		EVERHARD-C600
C-LE (高韧性系列)	保证在 -40°C (-40°F) 温度下的低温韧性。 最高可达布氏硬度 500 级耐磨性能的产品种类齐全。 考虑内部硬度的成分设计。	EVERHARD-C400LE
		EVERHARD-C450LE
		EVERHARD-C500LE
SP (超级)	超过 EVERHARD 的 EVERHARD。 提供超过布氏硬度 500 级的耐磨性能。	EVERHARD-SP

本资料登载的所有信息均以具备正确使用 EVERHARD 的热切割基础知识和在 JFE 钢铁株式会社的业务经验范围内使用为前提，本公司对于个别情况下的适用性不承担责任，发生问题时请与本公司商谈。

1. EVERHARD 的切割工艺 (热切割)

1.1 气割

采用气割的热切割从喷嘴（火口）前端喷射燃气（预热混合气体）和切割氧气火焰（预热火焰），使氧和铁在燃点以上的高温下发生氧化反应，熔融的氧化物与金属一同被切割氧气流吹走完成切割(图1)。从原理的角度考虑可在氧气到达的范围进行切割，是适合切割厚板的切割工艺，也可以切割100mm以上的极厚材料。

在热切割中，切割点附近与焊接同样被加热到高温。因此，对于与一般钢材相比强度、硬度极高的EVERHARD，热切割时也和焊接同样需要注意延迟裂纹。

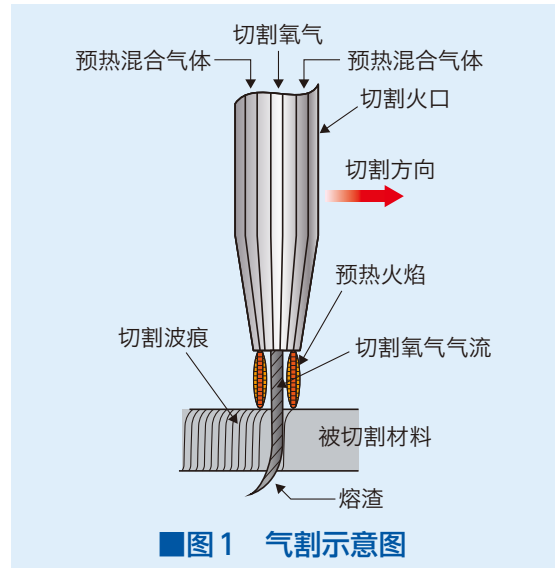


图1 气割示意图

1.2 等离子切割

利用电弧放电产生的放电能量进行切割的方法。切割的最大板厚小于气割。虽然氢源少、发生延迟裂纹的可能性低，但需要注意在高湿度环境下的切割、以及钢板表面的水分等氢的侵入。

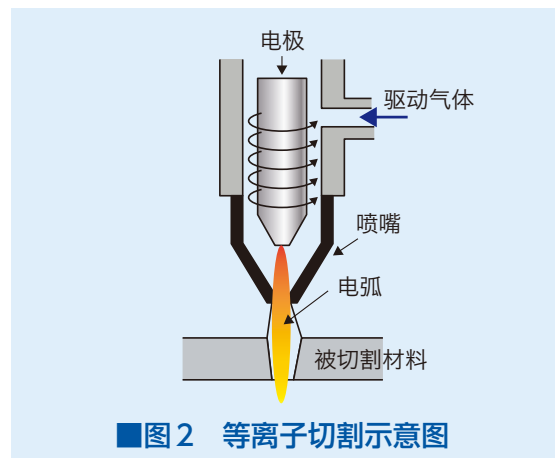


图2 等离子切割示意图

1.3 激光切割

在热切割领域的最新切割方法。在开发的最初阶段，由于激光的输出功率较小，因此以作为原有技术的气割、等离子切割无法完成的薄板切割为对象，但目前的最大切割厚度已达到25mm的程度。

虽然激光切割的切割气体也使用氧气，但由于不含氢，所以发生延迟裂纹的可能性很低。但是，与等离子切割同样需要注意氢的侵入。

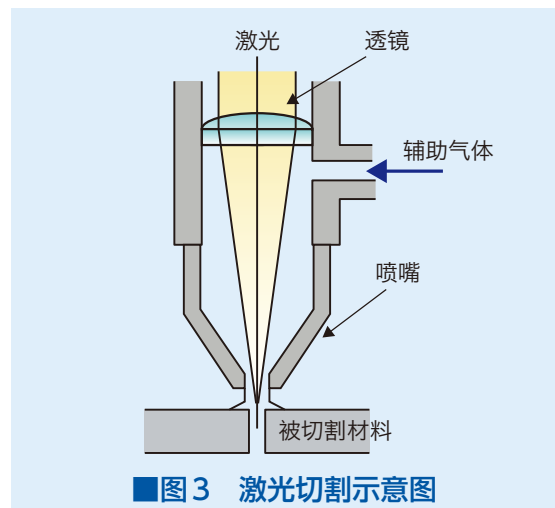


图3 激光切割示意图



2. 气割时的注意事项

2.1 推荐的气割条件

2.1.1 预热及后热

与焊接相同，预热和后热可有效防止延迟裂纹。

EVERHARD 气割时的推荐最低预热、后热温度如表 1 所示。预热的最理想方法是将被切割部件放入炉中进行总体加热等，但也可以通过割枪或加热器进行局部加热。这时，在切割线上的数个位置进行温度确认非常重要。另外，由于只能测量表面温度，所以为了确认内部也达到了规定的温度，在达到规定的预热温度后也要观察温度变化，稳定后迅速开始切割。对于不能进行预热的情况实施后热。后热在气割后迅速进行可提高效果。

在预热和后热中，重要的是一旦加热超过 200°C 硬度就会降低。预热要严格遵守 200°C 以下的温度。后热的推荐温度与表 1 的预热温度相同，200°C 的限制也相同。

■表 1 最低预热、后热温度

商品名称	板厚 (mm)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	160	
EVERHARD-C340				75°C				100°C				
EVERHARD-C400	25°C		50°C		75°C							
EVERHARD-C450	25°C		75°C			100°C						
EVERHARD-C500	25°C	75°C	125°C			150°C						
EVERHARD-C400LE	25°C		50°C	75°C			100°C					
EVERHARD-C450LE	25°C		75°C	100°C	175°C							
EVERHARD-C500LE	25°C	75°C	125°C	150°C		175°C						
EVERHARD-C550	175°C											
EVERHARD-C600	175°C											
EVERHARD-SP	75°C		150°C									

2.1.2 切割速度

如果无法进行预热、后热，请降低气割时的切割速度。推荐的最高切割速度如表2所示。建议在气割断面不产生缺口的范围降低切割速度。此外，对于高硬度的较厚材料，切割速度无法应对，因此推荐实施预热、后热。

表2 无预热时的推荐切割速度 (mm/分钟)

商品名称	板厚 (mm)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	160	
EVERHARD-C340				200			150					
EVERHARD-C400	无限制			200			150					
EVERHARD-C450			200			预热						
EVERHARD-C500		250	200		150	预热						
EVERHARD-C400LE				200			预热					
EVERHARD-C450LE			200			预热						
EVERHARD-C500LE		250	200		150	预热						
EVERHARD-C550	200											
EVERHARD-C600	200											
EVERHARD-SP	250		200		150	预热						

2.1.3 其他推荐的对策

采用双重切割也可获得与预热相同的效果。

双重切割指在预定切割线附近进行预切割，然后立即实施正式切割的方法（图4），利用预切割在正式切割线附近获得预热效果。

预切割后请尽快进行正式切割。如果预切割后被切割构件的温度降低则无法获得预热效果。

另外关于预切割位置，请通过调整使正式切割部位附近的温度成为表1所示的最低预热、后热温度。

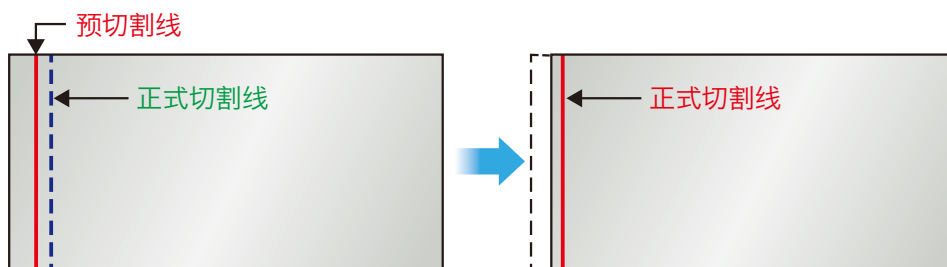


图4 双重切割工艺

2.1.4 关于较小材料的切割

对较小材料进行热切割加工时，切割材料的温度上升，容易发生硬度降低。如图5的模式图所示，被切割材料的尺寸越小，温度上升越大，越容易发生硬度降低。切割较小的样品时，事先确认温度上升到什么程度非常重要。EVERHARD-C400LE、C450LE和C500LE的加热温度与表面硬度之间的关系如图6所示。

如果被切割材料的温度超过200°C，请将切割方法更改为适当的方法（等离子切割或激光切割等），或者提高切割速度、变更切割顺序等，以免超过200°C。

如果切割材料的温度超过200°C，硬度将明显降低。

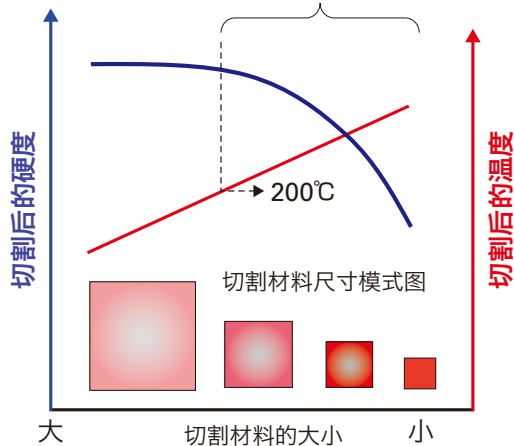


图5 切割材料的大小与切割后硬度及材料温度上升的关系（模式图）

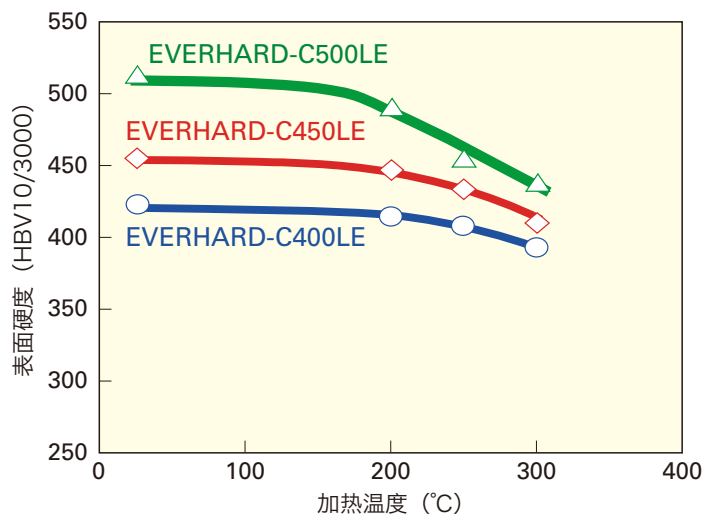


图6 加热温度与硬度的关系

3. 对切割面的热影响

进行热切割时，距离切割面的硬度分布分别如图7～图9所示。因受热影响，切割面附近的硬度降低。请理解这些特性，选择妥善的切割工艺。

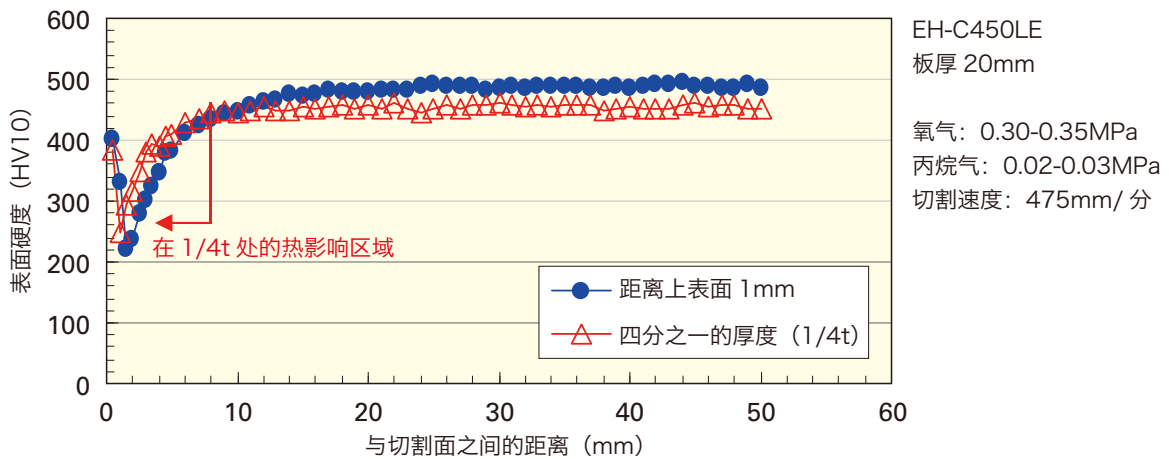


图7 气割的硬度分布比较

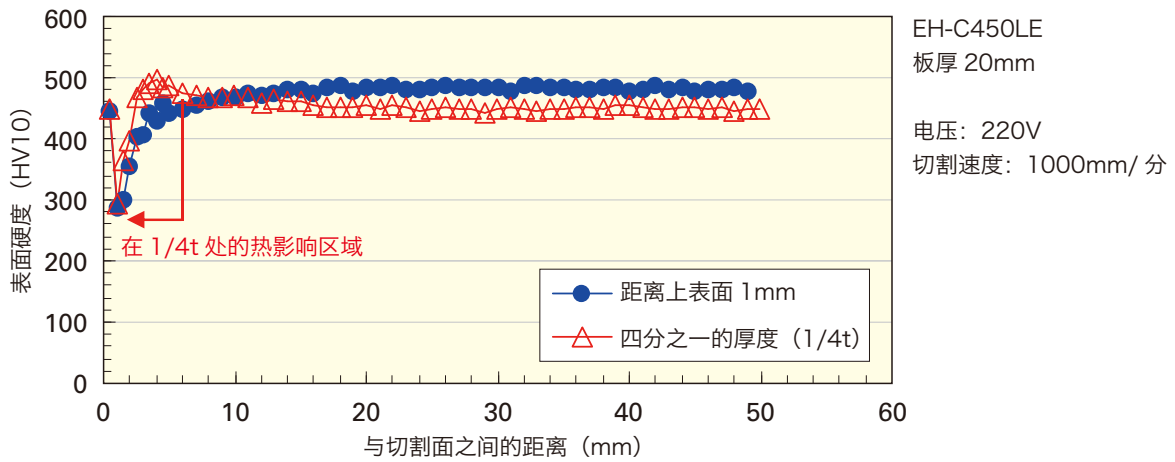


图8 等离子切割的硬度分布比较

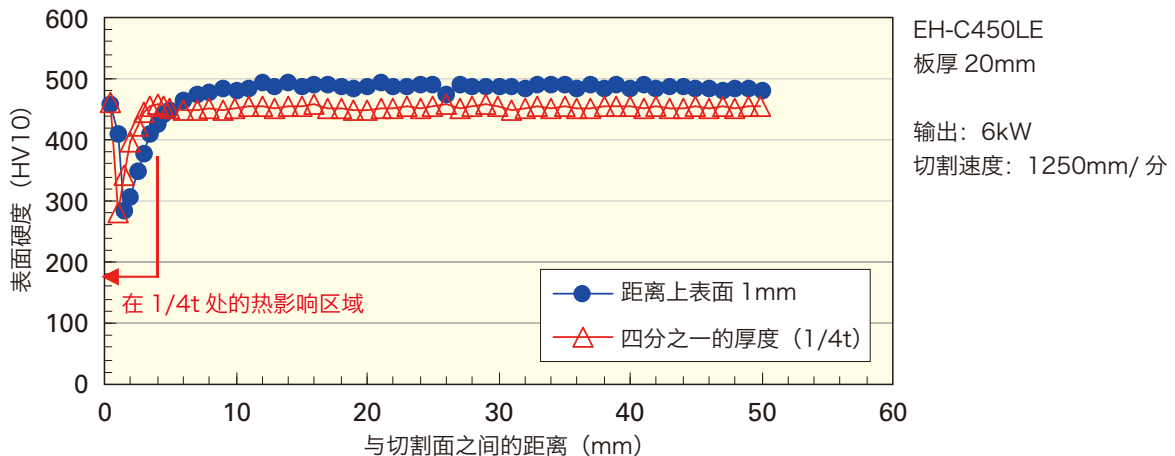


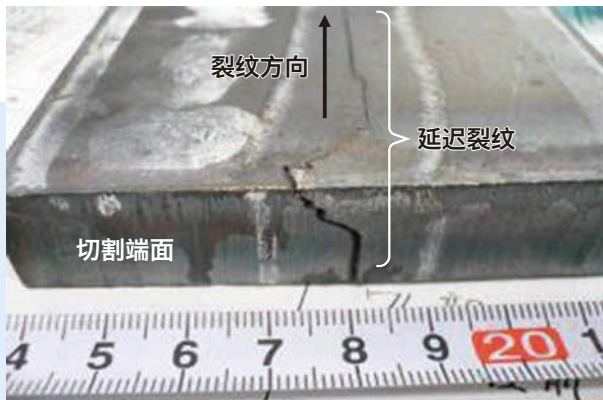
图9 激光切割的硬度分布比较

4. 关于延迟裂纹 [说明]

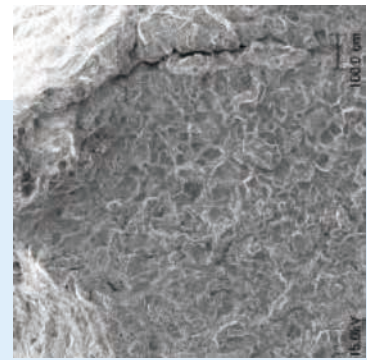
4.1 何谓延迟裂纹

钢材中存在扩散氢时，如果满足某项条件，钢材就会发生裂纹，所以被称为延迟裂纹（延迟破坏）。如果气割也有氢源，有时会发生这种现象。

延迟裂纹果如其名，在切割后不立即发生，过一段时间后发生。如果发生微观延迟裂纹，可能会随之导致宏观脆性破坏。延迟裂纹的示例如照片1所示。另外，观察延迟裂纹的的断裂面，在起点呈现被称为准解理断裂面的氢脆化特有的断裂面（照片2）。



■照片1 气割时延迟裂纹的外观示例



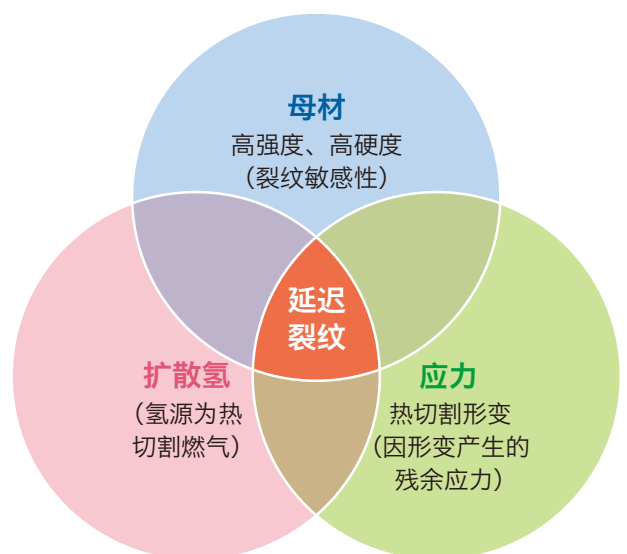
■照片2 延迟裂纹断裂面（准解理断裂面）

4.2 裂纹发生因子

气割时的延迟裂纹与焊接的延迟裂纹（加工指南No. C1C-006）因相同的机制发生。因此，其发生因子也相同。发生因子分为以下3种。

- ① 材料的裂纹敏感性（母材特性）
- ② 扩散氢量
- ③ 拉伸残余应力

耐磨钢EVERHARD系列为了耐磨性而设计了高强度、高硬度，①的裂纹敏感性高于通常的高强度钢。因此，即使在对于通常的高强度钢不发生裂纹的切割条件（某些扩散氢量和残余应力）下也可能发生裂纹。



■图10 延迟裂纹的发生因子

4.3 延迟裂纹的防止对策

1 降低扩散氢

为了防止气割裂纹，降低侵入钢材内的氢非常重要。侵入的氢来自气割时的燃烧气体。为了降低该氢量可举出以下的方法。

- (1) 在即将切割前进行预热。
- (2) 切割后立即进行后热。
- (3) 采用双重切割工艺。
- (4) 降低气割的速度。

这些都是降低切割后钢板冷却速度的方法，通过降低冷却速度，钢中释放的氢增加，因此钢中残留的氢减少。此外，为了避免氢源，采用等离子切割和激光切割是有效的方法。

2 残余应力的降低

残余应力取决于热膨胀的大小。为了尽可能减小热膨胀，应将加热控制在最小限度。为此需要减小用于切割的热量。即，

- (1) 提高切割速度。
- (2) 集中切割热源。

这些措施可以通过等离子切割或激光切割实现。

3 避免应力集中源

由于切割质量和内部缺陷造成的应力集中可能会发生延迟裂纹。为了避免这种情况，在切割面附近清除锐利的缺陷(缺口等)非常重要。

5. 关于切割作业在健康方面、安全方面的注意事项

切割作业是使用燃气、高压气体、电以及光能完成并伴随高温的作业，并且处理属于重量物体的被切割材料。因此，在热切割作业中潜藏着很多危险和损害健康的因素。请注意以下热切割作业在健康方面和安全方面的要点妥善作业。

在热切割作业现场

- 1 对作业现场经常进行整理整顿，防止发生火灾和意外事故。
- 2 设置保护栏杆，根据需要做出提醒注意的表示。
- 3 作业现场需要进行适当的通风。
- 4 佩戴眼镜、穿安全鞋等，穿着正确的作业服装作业。
- 5 气割作业需要作业资格。请遵守法令。

参考资料

- 1) 劳动安全卫生法第61条 日本
- 2) 劳动安全卫生法第59条 日本
- 3) 概论 热切割加工的Q&A日本焊接协会气割分会

粉尘及气体对人体的影响

虽然气割等热切割是粉尘和有害气体的发生量较少的切割，但是由于将强力的热源用于金属的熔融，因此除了金属的熔融及蒸发产生的粉尘和烟尘等外，还发生被切割材料中含有的气化物质、以及因作业气体或周边空气产生的臭氧、一氧化碳、二氧化碳、二氧化氮等有害气体。另外，涂覆在被切割材料表面的铅、铜、锌、锡等会蒸发成为金属烟尘，有时会出现被称为金属热的发烧等症状。另外，密封材料、涂料、衬垫材料等塑料也会因种类出现热分解发生有害气体。

如果粉尘的粒径大于 $10\mu\text{m}$ ，会随痰排出口外，但是如果小于 $10\mu\text{m}$ ，则会长时间在大气中浮游，成为患矽肺、支气管炎、肺水肿、哮喘等疾病的原因。特别是粒径小于 $2.5\mu\text{m}$ 的粉尘被称为PM2.5，对人体的影响很大。

结语

作为JFE的耐磨钢板EVERHARD系列的各种产品阵容，考虑到客户对要求耐磨性的零件等进行加工，我们采取其成分和组织控制设计其特性。希望大家使用本指南，有效且安全地使用EVERHARD系列。本指南介绍了热切割工艺，除此之外，对机械加工、焊接、折弯加工也备有同样的指南，在加工中请务必也参照这些指南。



机械加工(C1C-008)



焊接(C1C-006)



折弯加工(C1C-007)

JFE 钢铁 株式会社
<http://www.jfe-steel.co.jp/ch/>
HEAD OFFICE

Hibiya Kokusai Building, 2-3 Uchisaiwaicho 2-chome, Chiyodaku, Tokyo 100-0011, Japan Phone: (81)3-3597-3111 Fax: (81)3-3597-4860

**ASIA PACIFIC /
亚洲及太平洋地区**
SEOUL

 JFE Steel Korea Corporation
16th Floor, 41, Cheonggyecheon-ro, Jongno-gu, Seoul,
03188, Korea
(Youngpung Building, Seorin-dong)
Phone: (82)2-399-6337 Fax: (82)2-399-6347

BEIJING (北京)

 JFE Steel Corporation Beijing
1009 Beijing Fortune Building No.5, Dongsanhuan
North Road, Chaoyang District, Beijing, 100004,
P.R.China
(JFE(北京)钢铁技术发展有限公司)
100004 中华人民共和国北京市朝阳区东三环北路5号
北京发展大厦1009室
Phone: (86)10-6590-9051 Fax: (86)10-6590-9056

SHANGHAI (上海)

 JFE Consulting (Shanghai) Co., Ltd.
Room 801, Building A, Far East International Plaza,
319 Xianxia Road, Shanghai 200051, P.R.China
(杰富意(上海)商务咨询有限公司)
200051 中华人民共和国上海市长宁区仙霞路319号
远东国际广场A座801室
Phone: (86)21-6235-1345 Fax: (86)21-6235-1346

GUANGZHOU (广州)

 JFE Consulting (Guangzhou) Co., Ltd.
Room 3901 Citic Plaza, 233 Tian He North Road,
Guangzhou, 510613, P.R.China
(杰富意(广州)咨询有限公司)
510613 中华人民共和国广州市天河区河北路233号
中信广场3901室
Phone: (86)20-3891-2467 Fax: (86)20-3891-2469

MANILA

 JFE Steel Corporation, Manila Office
23rd Floor 6788 Ayala Avenue, Oledan Square,
Makati City, Metro Manila, Philippines
Phone: (63)2-886-7432 Fax: (63)2-886-7315

HO CHI MINH CITY

 JFE Steel Vietnam Co., Ltd.
Unit 1704, 17th Floor, MPlaza, 39 Le Duan Street,
Dist 1, HCMC, Vietnam
Phone: (84)28-3825-8576 Fax: (84)28-3825-8562

HANOI

 JFE Steel Vietnam Co., Ltd., Hanoi Branch
Unit 1501, 15th Floor, Cornerstone Building, 16 Phan
Chu Trinh Street, Hoan Kiem Dist., Hanoi, Vietnam
Phone: (84)24-3855-2266 Fax: (84)24-3533-1166

BANGKOK

 JFE Steel (Thailand) Ltd.
22nd Floor, Abdulrahim Place 990, Rama IV Road,
Silom, Bangrak, Bangkok 10500, Thailand
Phone: (66)2-636-1886 Fax: (66)2-636-1891

YANGON

 JFE Steel (Thailand) Ltd., Yangon Office
Unit 05-01, Union Business Center, Nat Mauk Road,
Bocho Quarter, Bahan Tsp, Yangon, 11201, Myanmar
Phone: (95)11-860-3352

SINGAPORE

 JFE Steel Asia Pte. Ltd.
16 Raffles Quay, No.15-03, Hong Leong Building,
048581, Singapore
Phone: (65)6220-1174 Fax: (65)6224-8357

JAKARTA

 PT. JFE STEEL INDONESIA
6th Floor Summitmas II, JL Jendral Sudirman Kav.
61-62, Jakarta 12190, Indonesia
Phone: (62)21-522-6405 Fax: (62)21-522-6408

NEW DELHI

 JFE Steel India Private Limited
806, 8th Floor, Tower-B, Unitech Signature Towers,
South City-I, NH-8, Gurgaon-122001, Haryana, India
Phone: (91)124-426-4981 Fax: (91)124-426-4982

MUMBAI

 JFE Steel India Private Limited, Mumbai Office
603-604, A Wing, 215 Atrium Building, Andheri-Kurla
Road, Andheri (East), Mumbai-400093, Maharashtra,
India
Phone: (91)22-3076-2760 Fax: (91)22-3076-2764

CHENNAI

 JFE Steel India Private Limited, Chennai Office
No.86, Ground Floor, Polyhose Towers(SPIC Annexe),
Mount Road, Guindy, Chennai-600032, Tamil Nadu,
India
Phone: (91)44-2230-0285 Fax: (91)44-2230-0287

BRISBANE

 JFE Steel Australia Resources Pty Ltd.
Level28, 12 Creek Street, Brisbane QLD 4000
Australia
Phone: (61)7-3229-3855 Fax: (61)7-3229-4377

**EUROPE and MIDDLE EAST /
欧洲及中东地区**
LONDON

 JFE Steel Europe Limited
15th Floor, The Broadgate Tower, 20 Primrose Street,
London EC2A 2EW, U.K.
Phone: (44)20-7426-0166 Fax: (44)20-7247-0168

DUBAI

 JFE Steel Corporation, Dubai Office
P.O.Box 261791 LOB19-1208, Jebel Ali Free Zone
Dubai, U.A.E.
Phone: (971)4-884-1833 Fax: (971)4-884-1472

**NORTH, CENTRAL and SOUTH AMERICA /
北美洲、中美洲及南美洲地区**
NEW YORK

 JFE Steel America, Inc.
600 Third Avenue, 12th Floor, New York, NY 10016,
U.S.A.
Phone: (1)212-310-9320 Fax: (1)212-308-9292

HOUSTON

 JFE Steel America, Inc., Houston Office
750 Town & Country Blvd., Suite 705 Houston,
Texas 77024, U.S.A.
Phone: (1)713-532-0052 Fax: (1)713-532-0062

MEXICO CITY

 JFE Steel America, Inc., Mexico Office
Ruben Dario #281-1002, Col. Bosque de
Chapultepec, C.P. 11580, CDMX. D.F. Mexico
Phone: (52)55-5985-0097 Fax: (52)55-5985-0099

RIO DE JANEIRO

 JFE Steel do Brasil LTDA
Praia de Botafogo, 228 Setor B, Salas 508 & 509,
Botafogo, CEP 22250-040, Rio de Janeiro-RJ, Brazil
Phone: (55)21-2553-1132 Fax: (55)21-2553-3430

敬请注意

- 本商品目录记载的特性值等技术信息，除规格值以外，没有任何保证意义。
- 本商品目录记载的产品，根据使用目的、使用条件等，其性能、性质有时与记载内容会有所不同。
- 因错误使用本商品目录记载的技术信息等，而发生损害时，本公司概不负责。