



DOGAL[®]

Dogal[®]防 腐 蚀 先进高强度钢板

SSAB
SWEDISH STEEL



Dogal®为SSAB钢板有限公司拥有注册商标的热镀锌钢板。SSAB集团是世界著名的高强度钢板生产厂商。

此手册为您介绍Dogal热镀锌特高强度和超高强度钢板。您可以了解更高强度和更强防腐蚀功能怎样帮助制造出更优质的产品，从而优化制造经济性并提高产品竞争力。

Dogal高强度钢板可以给您的产品带来更全面的经济效益。

目录

4-7	防腐蚀与高强度良好的结合
8-8	ULSAB
10-13	产品规划: 尺寸、涂层、表面质量、表面处理、公差
14-23	技术特性: 剪切与冲裁, 激光切割, 成形, 拉深, 翻边, 折弯, 辊压成形, 成形极限曲线, 回弹, 能量吸收, 抗冲击与碰撞, 疲劳, 焊接, 钎焊
24-27	防腐蚀
28-29	表面处理
31-33	模具钢选择
35	设计师需要牢记什么?

防腐蚀 与高强度 良好的结合

您无须在优异的防腐蚀性能与真正的高强度钢板所具有的优点之间取舍。SSAB集团的Dogal热镀锌钢板把防腐蚀和高强度之功能完美地结合了。

Dogal高强度钢板具有多种性能，可以全面提高产品的竞争力。

Dogal 1000DPX

我们开发的Dogal 1000DPX挑战了热浸镀锌钢板可企及的强度极限，其最小抗拉强度为1000MPa。

您可以将高强度的Dogal钢板应用在多个领域。

您可以采用高强度钢板来减少材料厚度，从而实现减重。

对于一辆车而言，这样在其使用期间可以减少燃料损耗并极大地有利于环保。

重量减轻意味着减少材料消耗，这就意味着可以在轻量化的同时抵消部分材料成本增长，甚至通过提高生产率来降低总体成本。

增强安全性，减轻重量

更高的强度也可以大幅度增强车辆吸收能量的功能。

使用高强度Dogal钢板制作的零件如保险杠和侧防撞梁，在未增加重量甚至减重的情况下，车辆的安全性会提高，这样就可以使车辆的综合性能更具有竞争力。

高强度Dogal钢板把良好

的防腐蚀性能与尽可能高的强度、尽可能轻的重量以及更强的吸能能力结合在一起。

减少焊接，冲压即可

高强度Dogal钢板具有优异的冷成形性能。

高强度与卓越的成形性有效的结合可以最大限度地节省制造成本。

代替以往把许多部件焊接在一起的办法，仅需几个冲压步骤即可做出成品。

通过减重可减少焊接费用并提高成品质量。

良好的成形性也可以使设计优化变得游刃有余。优秀的设计总是倡导使用更少的部件，这样可以获得物流效益并降低废品率。所有这些都是为了节省总成本做贡献。

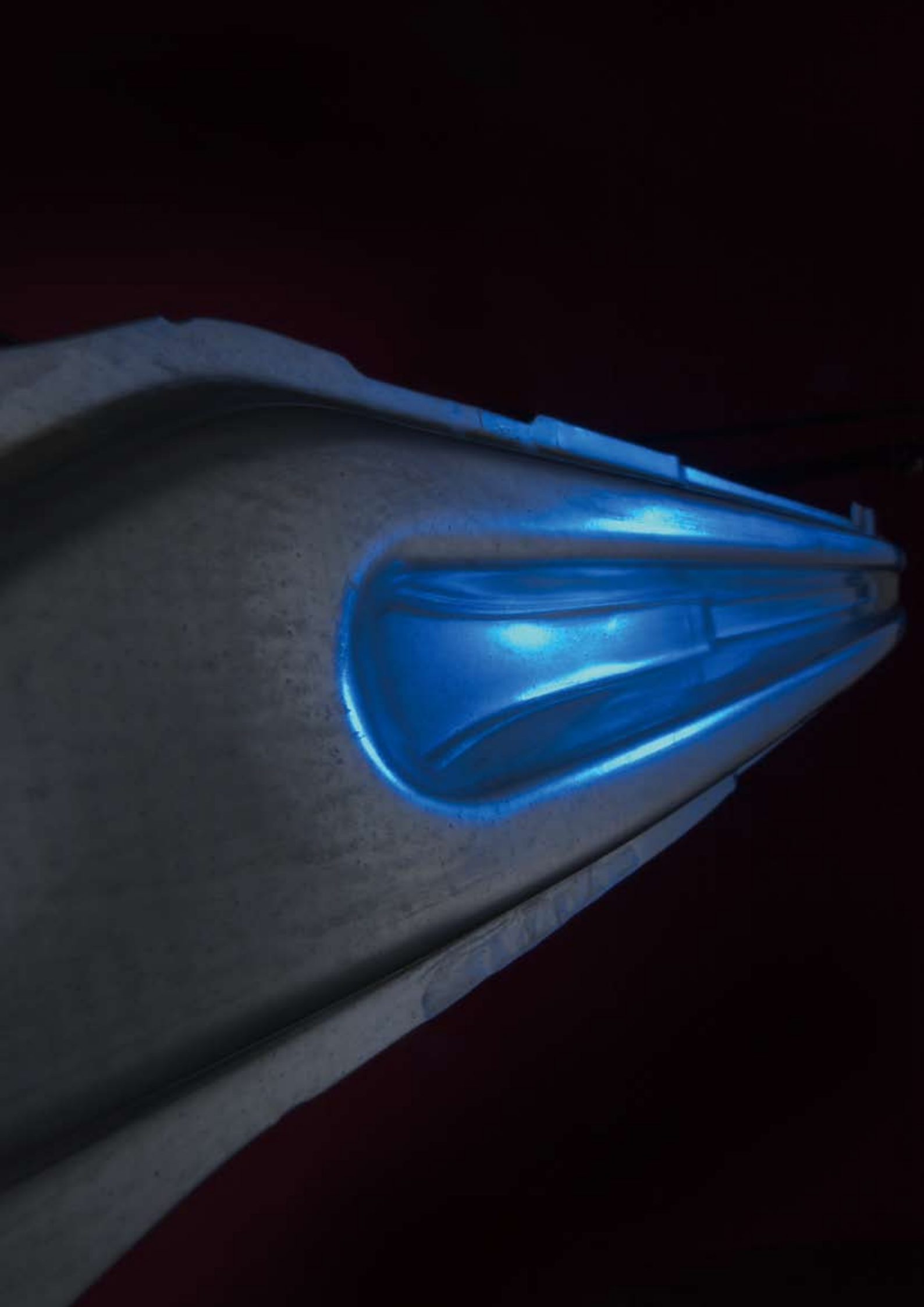
延长产品寿命

除了优异的防腐蚀功能，热浸镀锌的表面也有利于工程制造优化。

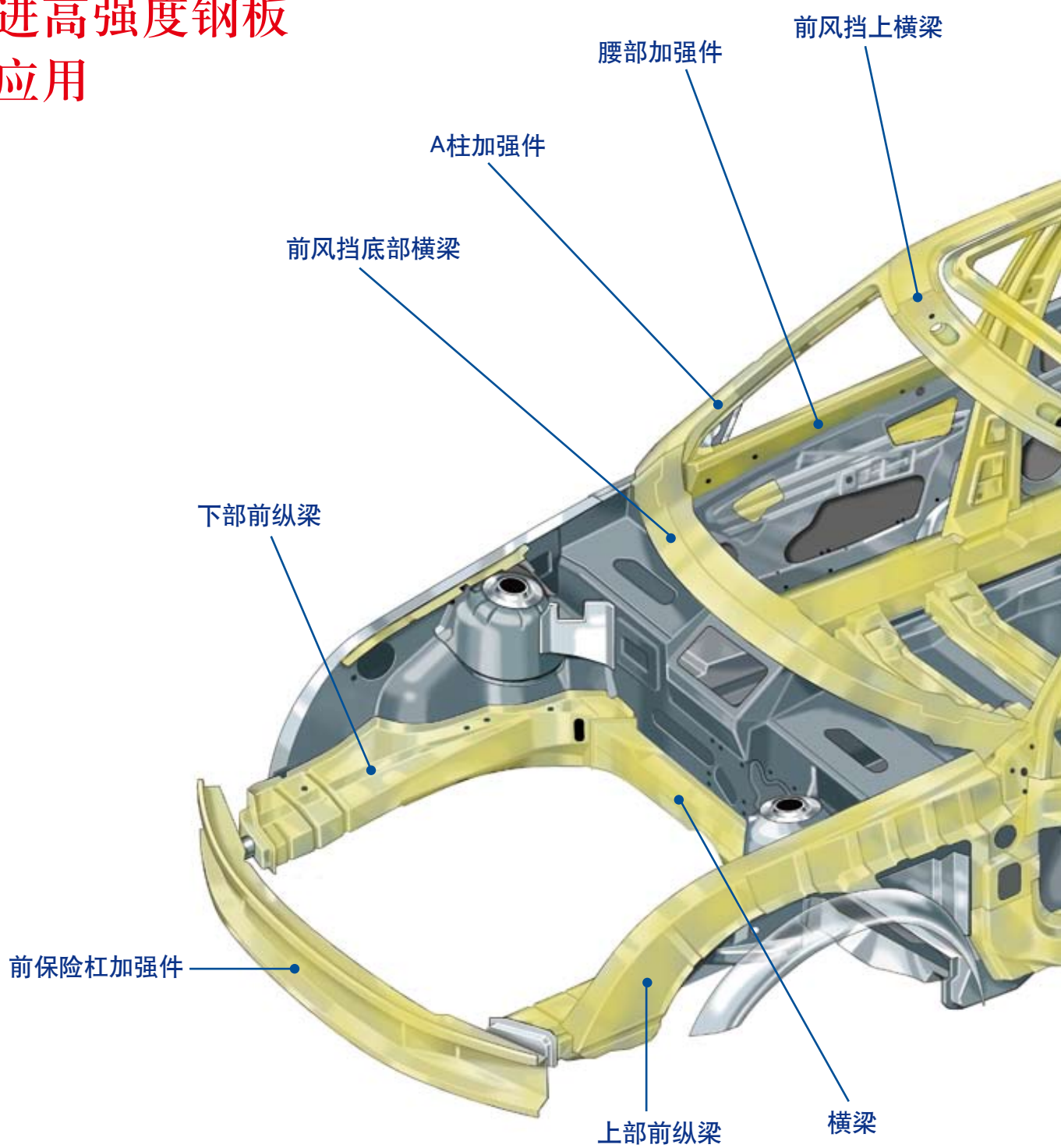
使用高强度Dogal钢板，您无须花费财力和时间逐一镀锌。与逐个为零件镀锌相比，使用Dogal可以节省至少一半的费用。

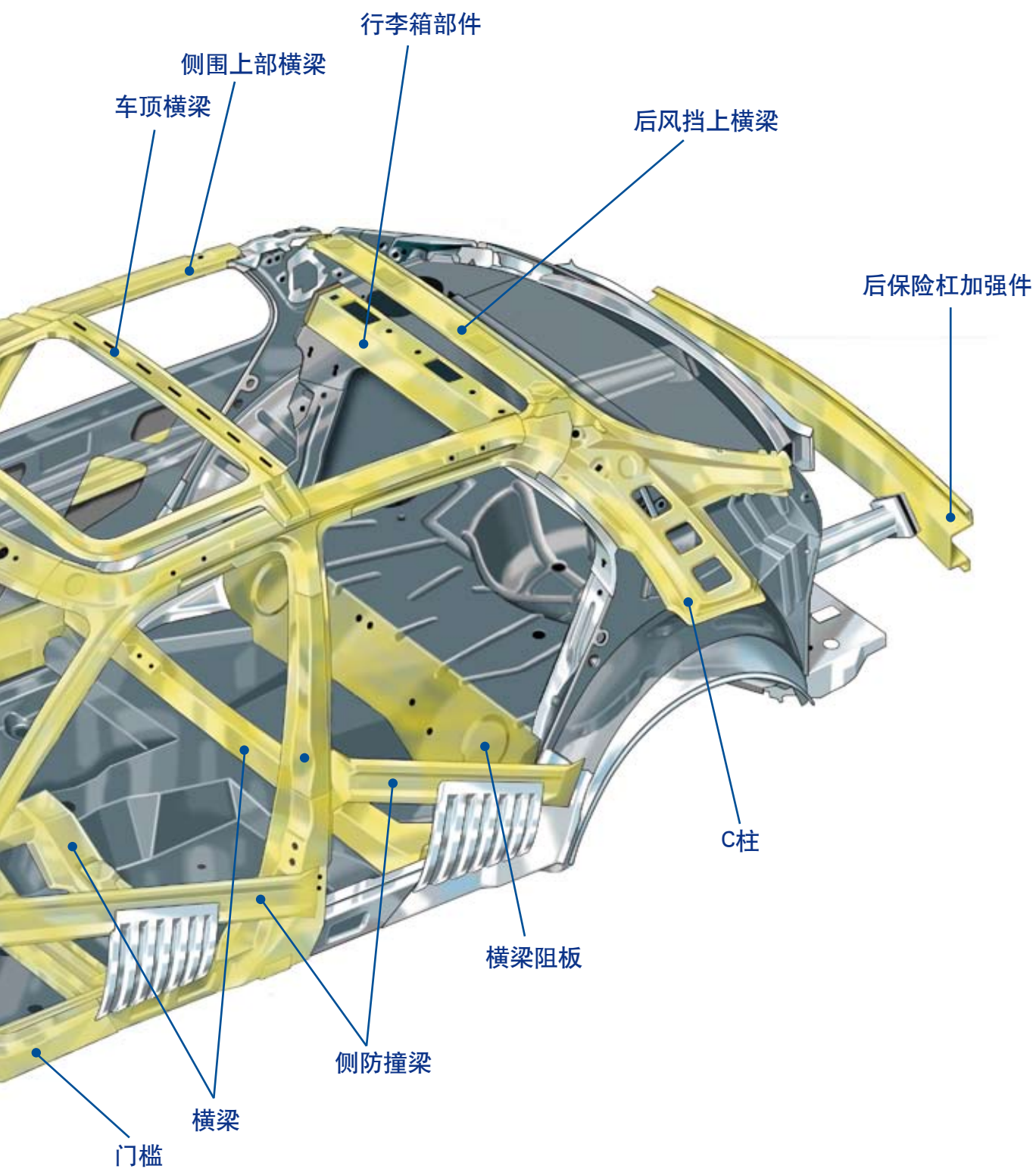
将防腐蚀与高强度相结合，Dogal可延长产品的使用寿命，同时还减少保养与维护服务。

此手册详细介绍了高强度钢板Dogal所具有竞争优势的各种性能。



先进高强度钢板 的应用





ULSAB 超轻钢车身 计划

外观和适宜制造不是生产的唯一要求，安全、环保和其它需求也要考虑在内。在这一背景下，国际钢铁工业提出几项计划，旨在证明最新的钢材优化设计如何满足汽车工业的需求。

ULSAB超轻钢车身

众多计划的第一项是超轻钢车身设计。此计划始于1994年，旨在研究钢板制造的车身总成。通过采用整体分析方法，车身材料的90%以上应用了现代高强度钢板、液压成型工艺和拼焊板，钢铁工业证明了现代车身可以更坚固，也可以比当时市场上量产的钢制车身轻25%。另外，此项计划还论证了这种超轻钢车身可以以生产传统车身的成本进行大批量制造。此项计划

帮助大幅增加了高强度钢板和拼焊板在汽车制造领域的应用。

ULSAC超轻钢车身覆盖件

国际钢铁工业于1998年接着发起了超轻钢车身覆盖件项目，旨在研究将超轻钢车身获得的经验用于门、盖等覆盖件上。入选的设计方案展示了现代化又安全的车门可以采用现代高强度钢板和先进的生产工艺制造。其重量比传统钢制车门轻42%。车门也可以以合理的成本进行大批量生产。

ULSAS超轻钢汽车悬架

为研究高强度钢板在底盘和悬架上的应用前景，超轻钢汽车悬架项目又被提出了。各种依靠高强度钢实现轻量化的设计方案进一步在





此项计划中提出。

ULSAB-AVC超轻钢车身概念车

以上三项计划涉及了车辆的三分之一的重量。此项概念车计划在展示现代高强度钢板为汽车工业提供的机遇，其安全经济的设计还可以减少油耗和降低二氧化碳气体排放。此项计划涵盖了所有车辆。其设计方案不仅为汽车工业创造了更多机遇，也为高强度钢板应用与

现代生产工艺相结合提供了范例。

车身只有218公斤，并且如此低的重量并不影响安全。此概念车甚至满足了几年后（2004年）的汽车安全法规。车身仅有81个零件，74%的部件由双相钢制造，先进的高强度钢板共占总重量的80%以上。

鉴于欧盟允许的二氧化碳的最大排放量为140克/千米，超轻钢车身先进概念车的耗油量为3.2—4.5升/100千米，其相关二

氧化碳排放量仅为86至108克/千米。

采用先进的高强度钢板，超轻钢车身先进概念车可在较低成本下大批量生产。据估算，生产成本为10,000 美元。

此项计划也证明了采用先进的生产工艺可以将拼焊板、拼焊管、液压成型管与先进的高强度钢板协同使用。

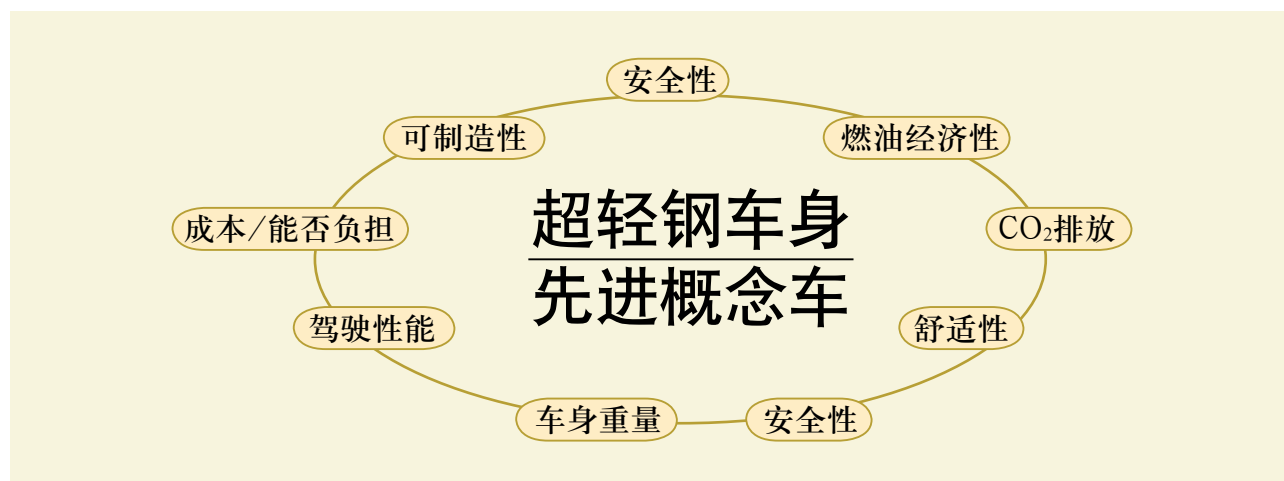


图1.主机厂的诸多要求必需满足

产品列表

Dogal (H) LAD系列

Dogal (H) LAD是微合金冷成型钢板，Dogal H LAD满足GMW 3032标准。该系列牌号的化学成分特点为低碳低锰，其高强度来自精确添加的细化晶粒合金元素如铌、钛或钒。该系列钢板的级别是根据它们最低可达到的屈服强度规定的。Dogal (H) LAD的屈服强度和抗拉强度差别很小。相对于它们的高屈服强度来说，该系列材料具有很好的成型性和折弯性能。

Dogal CP系列

Dogal CP为复相钢，其显微组织是铁素体/贝氏体组织中含有马氏体、少量的残余奥氏体和/或珠光体。这产生了高的屈服强度和抗拉强度之比。一般来说，Dogal CP钢易于冷成形，具有优秀的拉延和辊压成形能力。该系列牌号执行EN 10336标准。

Dogal DP系列

Dogal DP钢板综合了高强度与良好的拉延成形特性。

Dogal DP具有较低的屈服强度与抗拉强度之比。

DP 钢板的显微组织

双相钢的显微组织是多相组织中含有一定量的马氏体。除了硬相马氏体和软相铁素体，也存在着贝氏体。钢板的强度随着硬相马氏体含量增多而增加。马氏体的比例是由钢板的碳含量和钢板在镀锌过程中的温度变化决定的。

Dogal DPX系列

由于屈服强度和抗拉强度的差别较大或较高的加工硬化指数，相对于同等抗拉强度级别的HSLA钢板，DPX钢板在冷成形后的回弹较小。一般来说，DPX钢板易于冷成形，具有优秀的拉延和辊压成形能力。

与普通双相钢相比，DPX钢板具有更好的成形性，尤其是折弯性能，在反向往复折弯时表现极佳。

Dogal Roll系列

Dogal Roll钢板首先是为辊压成形的零件设计的。该系列钢板经过特殊的热处理，使其在辊压成形时能形成很小的折弯半径。其主要特点为：

- 高屈服强度 – 高屈服强度避免平面区域的平整度不佳问题。塑性变形程度将取决于折弯半径。
- 高屈强比 – 高屈强比意味着剧烈成形区域的应力和轻度成形区域的应力接近，横截面上各点残余应力差别很小，由此降低了折弯后延零件长度方向扭转回弹的倾向。

时效性

本手册中涉及的所有Dogal高强度钢板都没

化学成分						
牌号	C % max	Si % max	Mn % max	P % max	S % max	Al min
Dogal 460 LAD*	0,11	0,50	1,40	0,020	0,004	0,020
Dogal 500 LAD*	0,15	0,50	1,70	0,015	0,004	0,020
Dogal H 420 LAD	0,10	0,03	1,50	0,025	0,010	0,015
Dogal H 500 LAD	0,10	0,10	1,60	0,025	0,010	0,015
Dogal H 550 LAD	0,12	0,10	1,80	0,025	0,010	0,015
Dogal H 600 LAD	0,12	0,10	1,90	0,025	0,010	0,015
Dogal H 650 LAD	0,12	0,10	2,00	0,025	0,010	0,015
Dogal H 700 LAD	0,12	0,10	2,10	0,025	0,010	0,015
Dogal 600 CP	0,12	0,30	1,660	0,020	0,004	0,020
Dogal 780 CP	0,16	0,25	1,90	0,020	0,004	0,015
Dogal 600 DP	0,12	0,30	1,660	0,020	0,004	0,020
Dogal 800 DP	0,16	0,25	1,90	0,020	0,004	0,015
Dogal 800 DPX	0,16	0,25	1,90	0,020	0,004	0,020
Dogal 1000 DPX	0,195	0,25	1,90	0,020	0,004	0,020
Dogal Roll 800	0,16	0,25	1,90	0,020	0,004	0,015
Dogal Roll 1000	0,195	0,25	1,90	0,020	0,004	0,020

表 1. * EN 10292中不含此牌号。

机械性能						
牌号	屈服强度 MPa	屈服强度 $R_{p2.0+BH}$ (170℃烘烤20分钟) MPa, min	烘烤硬化指数 BH_2 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 $A_{80\%}$	90度折弯 最小折弯半径 (t=料厚)
Dogal 460 LAD*	460-560	—	—	560-680	15**	1xt
Dogal 500 LAD*	500-620	—	—	640-780	13**	1xt
Dogal H 420 LAD	420-520	—	—	480-620	16	1xt
Dogal H 500 LAD	500-600	—	—	560-700	14	1xt
Dogal H 550 LAD	550-650	—	—	610-760	14	1xt
Dogal H 600 LAD	600-720	—	—	650-820	13	1xt
Dogal H 650 LAD	650-780	—	—	700-880	12	1xt
Dogal H 700 LAD	700-850	—	—	750-950	10	1xt
Dogal 600 CP	350-500	—	30	600-750	16	—
Dogal 780 CP	500-700	—	30	780-950	10	—
Dogal 600 DP	350-480	—	30	600-700	16	—
Dogal 800 DP	500-640	—	30	800-950	12	—
Dogal 800 DPX	620-770	770	—	800-950	10	—
Dogal 1000 DPX	800-1000	—	—	1000-1200	6	—
Dogal Roll 800	620- 770	—	—	800- 950	8	***
Dogal Roll 1000	850- 1050	—	—	1000- 1200	5	***

表 2.* EN 10292中不含此牌号。
** $t \leq 0.70$ mm 时下降 2 个单位, $t \leq 0.50$ mm 时下降 4 个单位。
*** 辊弯成形, 角度不限。

有时效性, 这归因于材料的稳定的组织结构。

加工硬化与烘烤硬化

通过加工硬化和烘烤硬化, 大部分Dogal多相钢板可显著增加屈服强度。2%的拉延应变导致的加工硬化可以使这部分Dogal多相钢板的屈服强度增加大约100牛顿/平方毫米。

加工硬化性能很大程度上取决于变形量和钢种。烘烤硬化可以使材料的屈服强度增加30牛顿/平方毫米左右。

冲压与喷漆

在钢板被冲压并随后喷漆的过程中, Dogal多相钢板的加工硬化与烘烤硬化性能得到了很好利用。加工硬化在冲压时实现, 烘烤硬化在喷漆时实现。

热处理

应该避免对Dogal系列钢板进行热处理。加热会

镀锌涂层			
重量级别	单面镀锌层厚度* μm	双面重量要求	
		三点测试	单点测试
Z 100	(7)	100	85
Z 120	(8)	120	100
Z 140	(10)	140	120
Z 200	(14)	200	170
Z 275	(20)	275	235

表 3. * 该数值是基于三点测试的最小值计算得出 ($1 \mu\text{m}=7.14 \text{ g/m}^2$)。

影响镀锌层从而破坏镀锌表面, 降低防腐蚀性能。如果必须加热, 温度应该控制在200℃以内。

几何尺寸		
牌号	厚度范围 mm	最大宽度 mm
Dogal LAD	0.4—2.5	1500
Dogal H LAD	2.0—2.5	1170
Dogal CP	0.7—2.0	1500
Dogal DP/Roll	0.5—2.0	1500
Dogal 800DPX	0.6—2.0	1500
Dogal 1000DPX	1.0—2.0	1500

镀锌层厚度

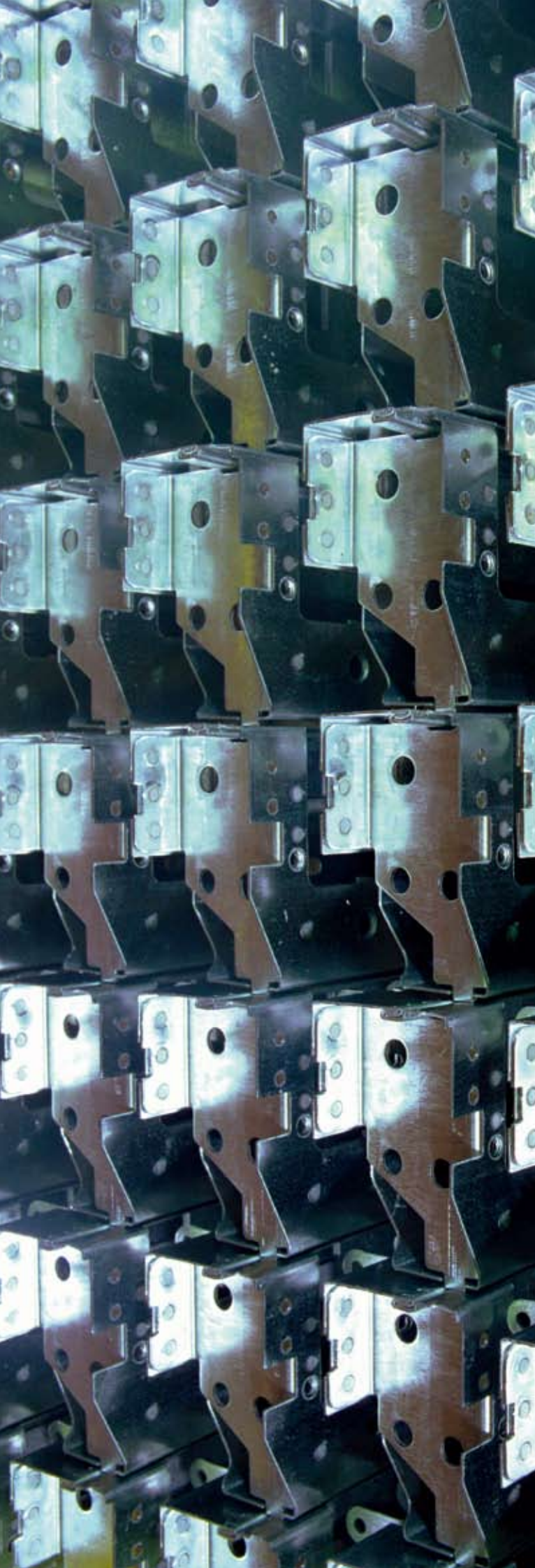
镀锌层的厚度按双面重量 (克/每平米) 来划分, 根据EN 10142三点试验法进行测定。

镀锌层并不总是均匀分布于钢板表面。然而, 我们可以对表格内所列出的镀锌量的分布情况作一假设, 即在钢板的每一面上至少分布了相当于单点试验值的40%的镀锌量。

镀锌层重量还可通过其它方法检测, 以确保完全达到重量级别要求。如果发生任何分歧, 重量的测定应该遵从上述提到的EN标准。

表面外观

Dogal CP/DP/DPX钢板具有光整镀锌表面。



表面处理

除特别要求外，Dogal始终按照带有表面防护的状态供货。此种防护的持久性由储存和运输的环境条件决定。

有四种表面防护可供选择：

化学钝化（C）用以防止表面受潮，降低在储存和运输中产生白锈的风险。化学钝化有时会引起变色和斑点，因为不会影响质量，所以有时是允许的。

涂油（O）可降低发生白锈的风险，但其防护程度低于化学钝化。防护油可用除油剂去除，不会破坏钢板表面。

化学钝化+涂油（CO）是一种表面处理结合法，可提高防腐能力，通常根据订单要求使用。

Dogal钢板表面也可以不进行防护处理，然而这样会有产生白锈的风险，因此只有当客户特别要求并承担风险时，SSAB集团才会按此供货。

宽度公差		
根据EN10 143/93定尺切割板卷		
公称宽度 mm	公差，mm	
	标准	特殊
650-1200	0/+5	0/+2
1201-1500	0/+6	0/+2

表 4.

镰刀弯	
根据EN10 143/93	
测量长度 mm	q, mm max
2000	6

表 5.长度小于2米时，镰刀弯不得超过实际长度的0.3%

脱方度
根据EN10 143/93 开平板标准
最大偏差 = 1%钢板宽度

表 6.

平整度		
根据EN10 143/93将钢板自由地放在平台上测得的钢板下表面和平台间的最大偏差		
公称厚度 mm	宽度 mm	最大偏差 mm
-0.70	<1200	8
	1200-1500	9
(0.70)-1.20	-1200	6
	(1200)-1500	8
(1.20)-2.00	-1200	5
	(1200)-1500	6

表 7. 上述公差也适用于在客户车间采用适合的校平设备进行平整后的开平板。



厚度公差（包括金属镀层）				
公称厚度 mm	不同公称宽度下的普通公差， mm		不同公称宽度下的特殊公差， mm	
	≤ 1200	> 1200	≤ 1200	> 1200
		≤ 1500		≤ 1500
≤ 0,40	±0,06	±0,07	±0,04	±0,05
> 0,40 ≤ 0,60	±0,07	±0,08	±0,05	±0,06
> 0,60 ≤ 0,80	±0,08	±0,09	±0,06	±0,07
> 0,80 ≤ 1,00	±0,09	±0,11	±0,07	±0,08
> 1,00 ≤ 1,20	±0,11	±0,12	±0,08	±0,09
> 1,20 ≤ 1,60	±0,13	±0,14	±0,09	±0,11
> 1,60 ≤ 2,00	±0,15	±0,15	±0,11	±0,12

表 8. 根据EN10 143/93，适用于屈服强度≥280 MPa的钢板

长度公差				
根据EN10 143/93开平板标准				
公称长度(L) mm	普通		特殊(S)	
	— mm	+ mm	— mm	+ mm
< 2000	0	6	0	3
≥ 2000	0	0.003 × L	0	0.0015 × L

表 9.

工艺性能

剪切与冲裁

当剪切高强度材料时，剪切操作必须根据材料的硬度、厚度和剪切强度调整，同时考虑设计、刚性以及耐磨损能力合适的剪板机或相应的剪切设备。剪板机刀具的剪切间隙尤为重要。剪切间隙由钢板厚度、强度及剪切边缘所要求达到的外观质量决定。材料越厚，强度越高，剪切间隙也就应该越大。在剪切软钢和普通强度钢板时，通常选择板材厚度的6%作为剪切间隙，而剪切Dogal多相钢板则推荐料厚的8%—12%作为剪切间隙。略大的剪切间隙可得到更整齐的剪切边缘，但是同时也得到较大的圆角带。

以牛顿为单位计算的剪切力公式如下：

$$F = \frac{K_{sk} \cdot t^2}{2 \cdot \tan \beta}$$

F=剪切力 (N)

K_{sk} =剪切强度 (e×抗拉强度)

β =剪板机的剪切角度

t=钢板厚度

因数e随着材料的抗拉强度而变化。普通软钢如Dogal F30, $e=0.8$, 对于Dogal 800 DP, $e=0.6$ 。剪切力也随抗拉强度的增加而增加。使用高强度钢板代替普通软钢时材料的厚度会减小，因此剪切力又会随之减小。带有椎度的冲头冲裁时所需的冲裁力可以最多减少一半。

在冲裁时，冲裁间隙对于刀具的磨损有重大影响。较小的间隙会加大刀具的磨损，为此要求更频繁地打磨刀具使之保持锋利。

激光切割

由Dogal钢板制成的部件有可能具有比较复杂的几何形状。这种几何形状需要的下料尺寸可以由激光直接进行切割，切割后无须其它额外加工。激光切割可以达到更高的切割质量，如切割边缘良好，切割尺寸精确等。要达到良好的切割效果，必须对设备、切割参数及工件材料提出严格的要求。

试验结果

激光切割近几年十分流行。因此，SSAB集团通过自己的研究和借鉴其它激光切割公司积累的经验对Dogal高强度钢板的激光切割特性进行了大量的试验。

这些试验结果可以总结如下：

- 对于Dogal高强度钢板，使用与切割不锈钢时相同的保护气体 (N_2) 和切割参数即可获得良好的切割效果。

- Dogal高强度钢板的切割质量能够达到依据EN ISO 9013的最高标准。此标准应用于校验表面和锥形。

- Dogal高强度钢板不含影响切割质量的宏观夹杂物。

- 硬度的变化仅发生在接近边缘很小的区域内。激光切割的热影响区也很小 (见图3)，此热影响区距切割边缘如此之近，范围也如此狭小，以至于在后续的焊接过程中可将其轻易去除。



激光切割Dogal 800DP后测得的硬度曲线

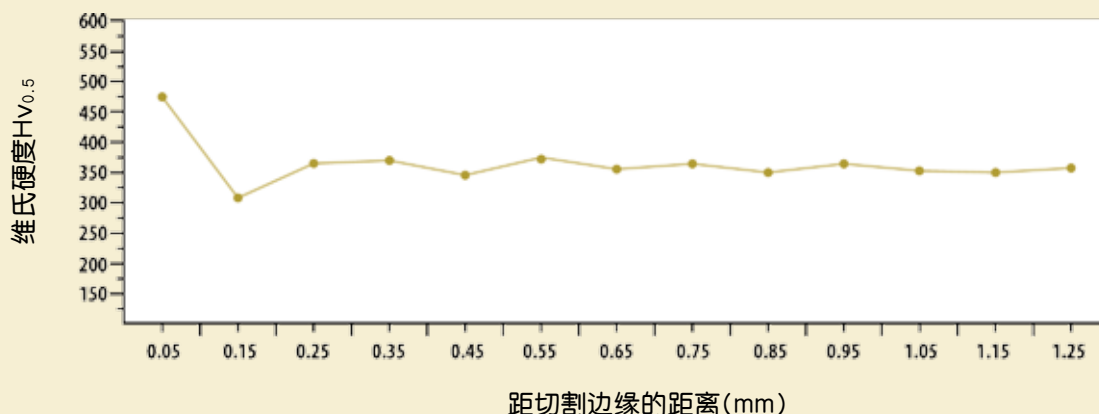


图3.

成形

尽管Dogal高强度钢板属高硬度钢板，但它具有良好的成形性能，可采用传统方法进行成形。与软钢相比它的成形性能较差，但是可以通过修改部件的设计进行弥补。

大部分Dogal多相钢板具有很好的加工硬化特性，这是此类材料具有良好的成形性能的重要原因。与处于相同强度级别的Dogal LAD（它具有较好的延伸率）进行比较后发现，Dogal DP 具有同等甚至更好的成形性。

当然LAD钢板的边缘延展性在某种程度上好于DP钢板。

拉延成形

拉延成形时，材料被压边圈和凹模夹住，所有的塑性变形在凸模的相对运动时完成。材料由于经受二维应变导致厚度变薄。如果局部应变过大就会导致成形失败。拉延成形性能主要取决于材料对应变的再分配能力。

材料拉延成形性能与加工硬化性能紧密相关，即加工硬化能力越强，应变分布就越好，因此拉延

成形性也越好。由于大部分Dogal多相钢板的加工硬化性能明显，因此它的拉延成形性与其他相近强度的钢种相比要好得多。

拉深

拉深的特点在于整张板料或板料的大部分在压力下“流入”模具。为了避免起皱，在拉深时对材料要施加一定的压边力。

材料承受拉深的能力由两个因素决定：

- 钢板沿平面方向塑性变形的能力，即在拉深时周边材料是否易于

拉延成形

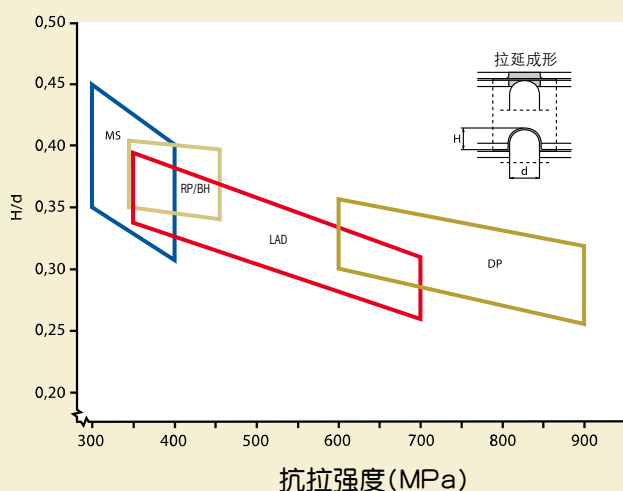


图4. 拉延成形性 (H/d)，随软钢 (MS)、Dogal LAD、RP/BH (加磷/烘烤硬化钢板) 和 DP 的抗拉强度而变化。此图显示了 Dogal DP 具有良好的拉延成形性

拉深

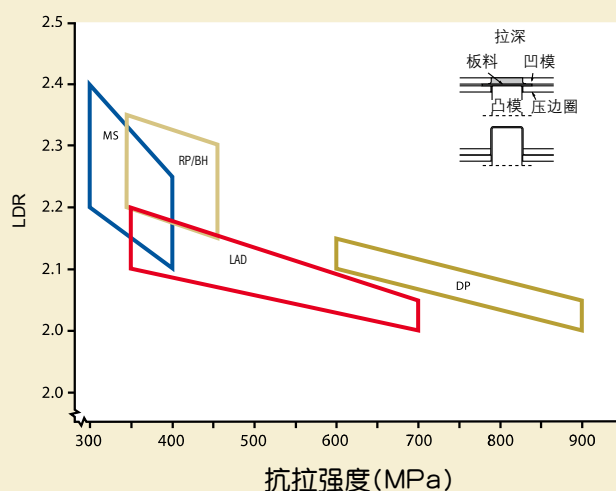


图5. 极限拉深比 (LDR)，随软钢 (MS)、Dogal LAD、RP/BH (加磷/烘烤硬化钢板) 和 DP 的抗拉强度而变化



如图可见Dogal高强度钢板很好的拉深性能

流动并转变为拉深杯的杯壁部分。

• 周边材料必须能经受住沿厚度方向的塑性变形，这样才能减少成形失败的风险。Dogal DP钢板与其它相近强度钢板相比具有同样甚至某种程度上更好的拉深性能。

翻边

翻边前后翻孔直径之比即翻边比。

板材必须如此放置，以便落料的毛刺与冲头运行方向相反。这是考虑到材料的外层纤维经受了绝大部分的变形，同时剪切落料时的冷加工已经降低了切口边缘的延展性。

由于厚度小的材料的外侧组织变形小于厚度大的材料，因此在对相同内径圆孔进行翻边时，材料厚度越薄，得到的翻边比越大。

折弯

折弯时，钢板受到弯曲力矩作用，钢板的外侧受到拉伸，内侧受到挤压。Dogal钢板的折弯性能良好，等于或优越于强度相同的其它材料。如果可能，尽量避免

对Dogal 800 DP钢板进行多次往复折弯，因为这样会增加开裂的风险。但是，Dogal 800DPX突破了此类限制，具有更好的折弯和翻边性能。

辊压成形

辊压成形是非常适合Dogal高强度钢板成形的方法。与压弯机相比，辊压成形对材料的成形性要求较低，因此能制造出更复杂的截面和获得更小的折弯圆角。

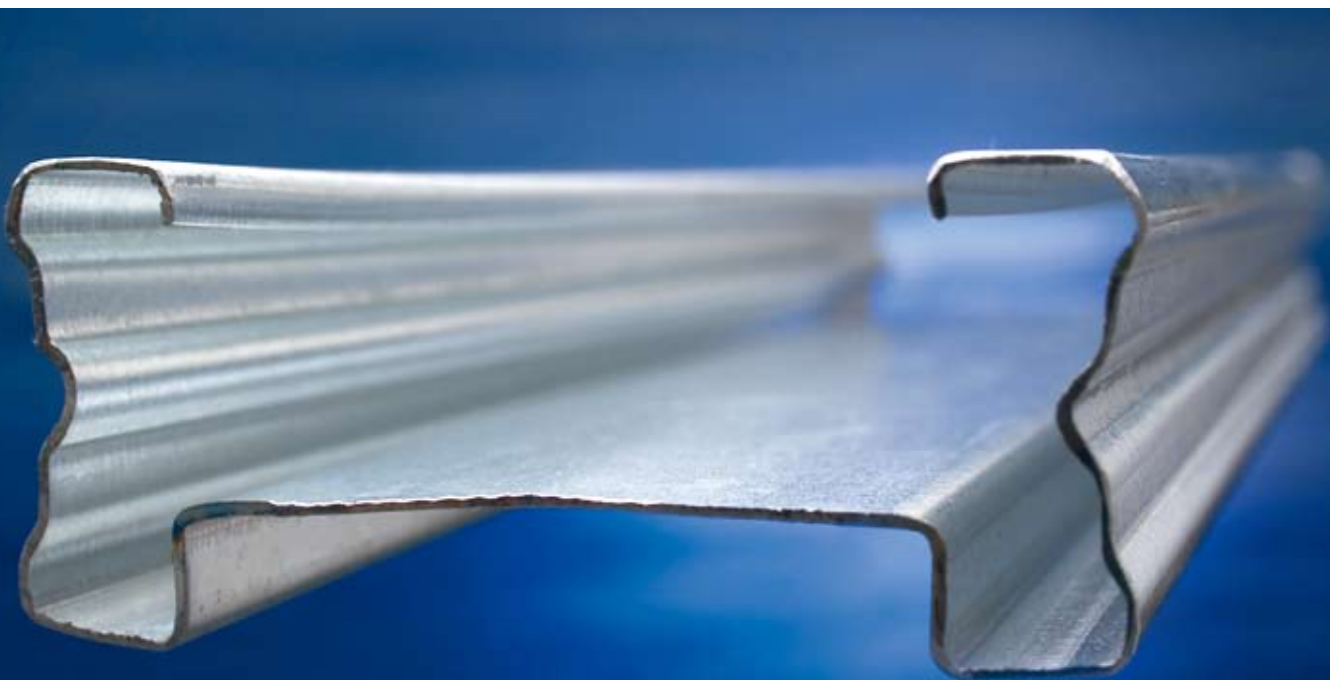
辊压成形可与其它操作如冲孔、焊接、折弯同时或相继进行。

鉴于Dogal多相钢板的高强度，因此回弹也大于软钢，这一特性使得它更适合于辊压成形。如果使用Dogal高强度钢板，最初为软材料设计的辊压线通常也适用。

拉伸试验曲线

传统方法得出的拉伸试验曲线适用于各种类型的有限元分析法（FEM），例如：承载能力的计算、部件能量吸收的设计。考虑到试验时收缩断面事实上在不断减小，应力和应变的工程数据在真实的应力/应变曲线中得到了补偿。

采用Dogal高强度钢板辊压成形的截面



拉伸试验曲线

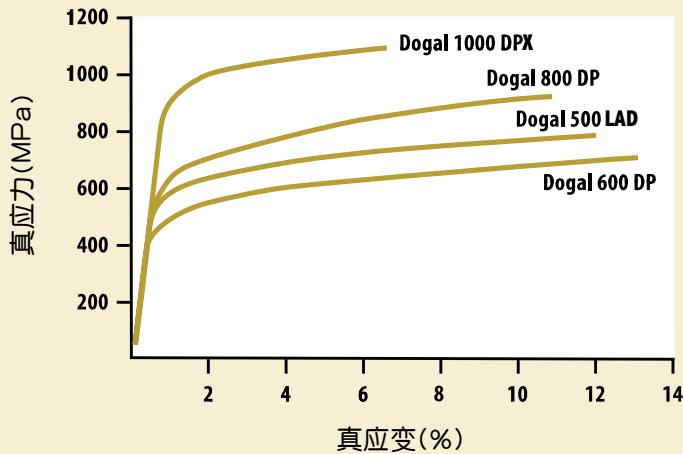


图6. LAD钢与DP钢具有不同的加工硬化效果。例如Dogal 800DP和500LAD的屈服强度大致相同，然而抗拉强度明显不同。加工硬化能力将主要影响材料的能量吸收能力和成形性。

成形极限曲线

成形极限曲线 (FLC) 显示了材料在经受特定的成形路线或成形条件时的成形能力。

成形极限曲线FLC可用来作为数据记录或帮助解决成形过程中遇到的难题。

FLC的绘制过程如下：方格（或圆形）网状图案被蚀刻在材料试样上，然后进行杯突试验成形直至开裂。从两个方向测试裂缝周围小单元尺寸的变化，最大的尺寸变化被标明为 $\Sigma - \max$ ，而与此方向垂直的方向的尺寸变化被标明为 $\Sigma - \min$ 。

如果正的改变发生在两个方向，此过程就是拉伸成形，这种改变将标注在成形极限曲线图零点线的右边。具有负值 $\Sigma - \min$ 和正值 $\Sigma - \max$ 的点将标注在零点线左

Dogal高强度钢板真应变曲线（成形极限曲线）

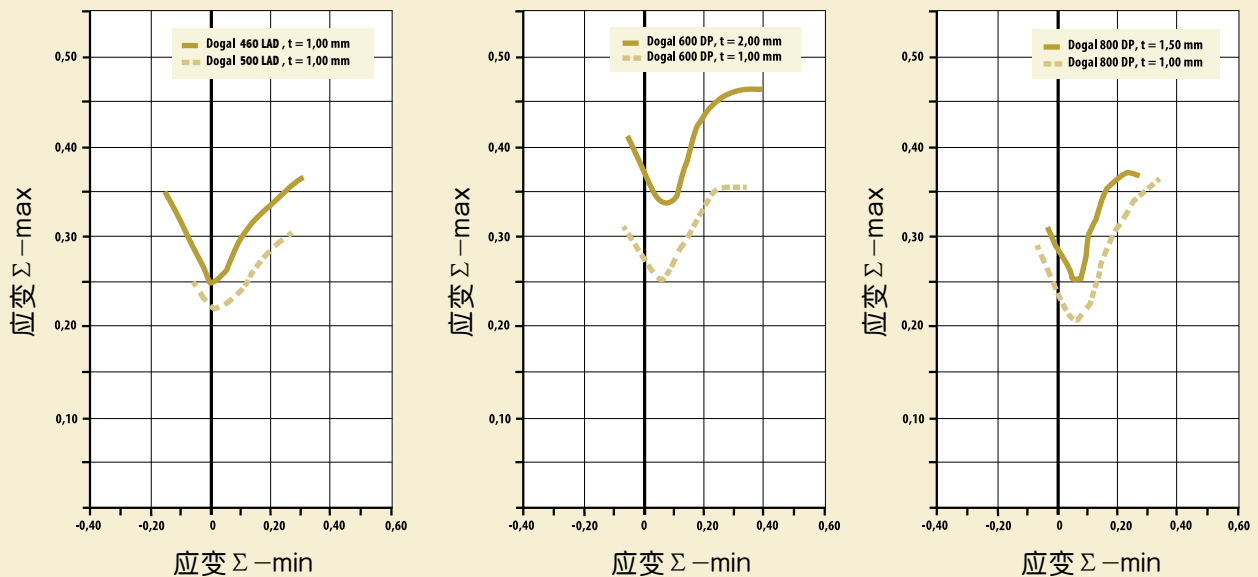


图7. t =厚度

Dogal LAD钢的回弹

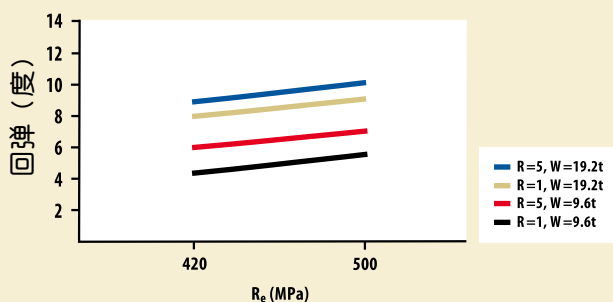


图8. 90度折弯 ($t = 1.25 \text{ mm}$)

Dogal多相钢的回弹

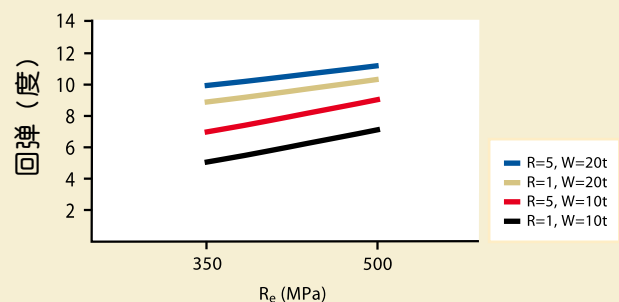


图9. 90度折弯 ($t = 1.20 \text{ mm}$)

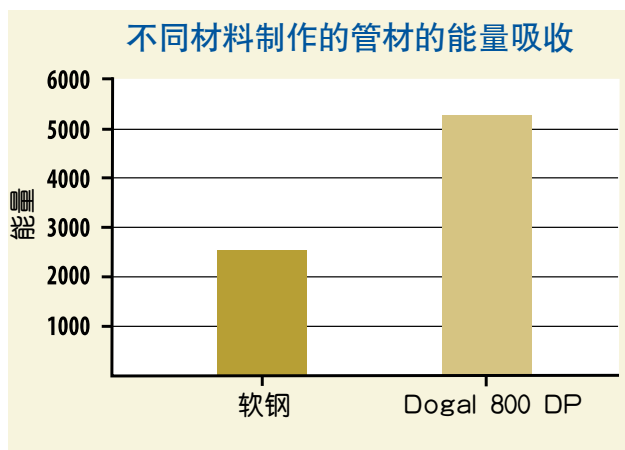


图10. 显示了60×60×1.2mm 矩形管作为溃缩柱时能量吸收的能力。Dogal 800 DP制作的矩形管在低速状态下溃缩150mm，此过程吸能5200J，相当于100kg的物体从5.3米高处降落的势能。



Dogal 800DP纵向溃缩柱

边，这标志着材料承受拉深成形。

成形极限曲线与材料的厚度有关，因此对给定的厚度需要重新计算。对于不确定的成形过程，可以使用FLC判断某特定材料在该成形条件下的真实成形性。具体方法是，把应变分析的结果在FLC坐标系中标出，然后与材料的成形极限曲线进行比较。如果应变值处于曲线下方，则表明该材料可以安全地进行此种条件下的冲压成形。

回弹

由高强度钢板代替软钢，回弹将会增大。回弹不仅受材料强度影响，也受所使用的模具的影响。更高的强度、更大的冲模圆角或更大的模具开口宽度都会使回弹增大。厚度减小时，在一定的冲模圆角下回弹也会增大。

回弹可以通过在折弯处增加材料的塑性变形而得到补偿。通过过角度折弯、减小冲模圆角或模具开口宽度来实现，或采取加筋的方式也可减小回弹。

制管与辊压成形

制管与辊压成形是可使Dogal多相钢板加工硬化性能充分发挥作用的典型加工工艺。在这些加工工艺中材料的成形可以得到良好控制，因而使成品部件的屈服强度和抗拉强度得到增加。

既然可以预知和控制材料的变形程度，这种强度的增加可以应用在对成品部件的设计中。如果成品部件经过热处理，如与表面处理相结合，还可获得更大的强度。

能量吸收

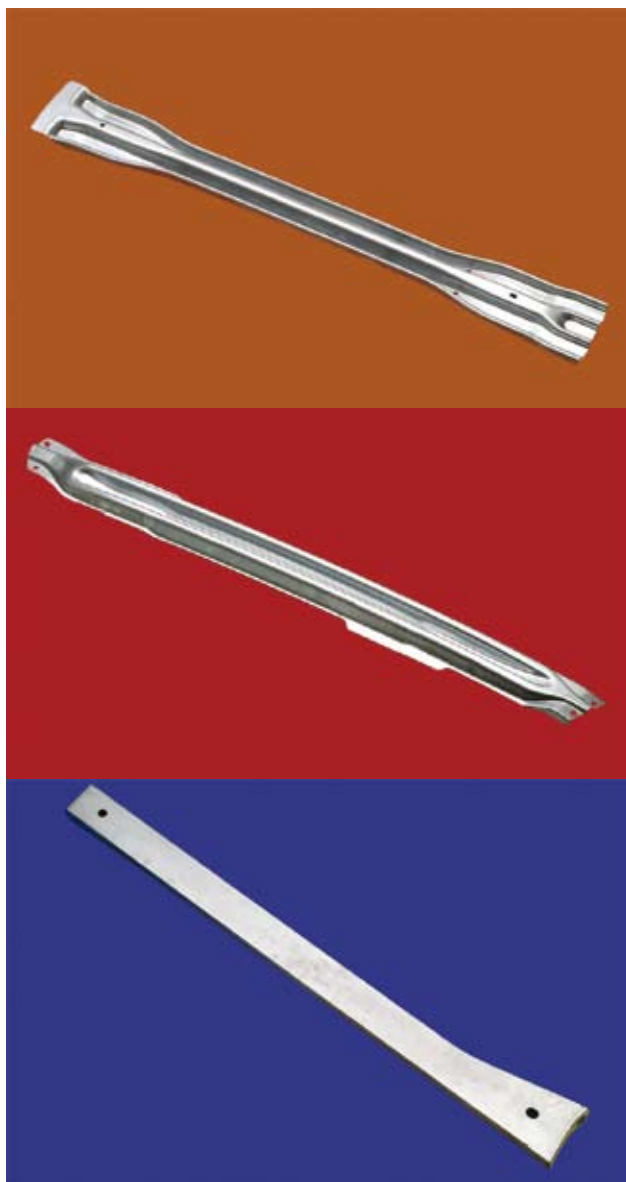
Dogal高强度钢板适用于用来吸收能量的部件。与软钢相比，钢板的厚度可以减小，从而节省总成本，利于环保。

横截面的几何形状、材料强度与板材厚度是决定能量吸收能力的主要因素。用高强度钢板代替低强度材料时必须考虑对横截面的几何形状和板材厚度进行优化，以便充分发挥材料的特性。

既然Dogal多相钢板具有高加工硬化的特性，材料强度可随着塑性变形过程而加强。在低速碰撞时，能量可以仅通过材料的弹性变形过程被吸收，这一点对于车辆安全有利。在高速碰撞时，材料的强度能在较大的应变速率中得到进一步增加。

一个部件或总成的能量吸收能力可通过有限元分析进行估算。这能使各种因素的影响得到分析，以便使设计更优化。加工硬化、烘烤硬化和不同应变速率的作用必须被考虑在其中以便提高模拟的准确度。用于成形或加工硬化仿真的Dogal多相钢板的应力/应变曲线可以从SSAB集团的网站www.ssab.com下载，不同应变速率下的应力/应变数据请向SSAB各办事机构索取。

为了得到最准确可控的能量吸收能力，单个部件



Dogal 800DP侧防撞梁

或整个系统的CAE分析始终必须保持同步，最终结果必须通过实际测试来验证。

抗冲击与抗碰撞

对钢板大面积的冲击和碰撞会造成永久变形。很多部件例如车门必须能经受住适当的冲击与碰撞而不变形。材料的屈服强度决定了其抗碰撞的能力。通过计算可得出什么厚度的Dogal高强度钢板具有与软钢（屈服强度为220MPa）相当或相同的抗冲击和抗碰撞的能力，即间接可知使用Dogal高强度钢板可以节省多少材料。

疲劳

高强度钢板特性的更好利用必须基于对疲劳载荷（即载荷谱中的载荷形式和载荷循环次数）的详细分析和优秀的设计（例如在钢板连接处避免应力集中）相结合。

如果假设交变载荷的振幅持续在最大值波动，会导致超规设计，因为实际工作的部件通常经受的是变化振幅的交变载荷（载荷谱较窄）。载荷谱越适度，载荷循环次数越少，使用高强度钢就越有利，尤其焊接结构更是如此。优秀的设计如下：

- 尽可能采用应力沿钢板平面分布的平面应力效应
- 确保载荷在结构中分布均匀
- 避免刚度或断面的突变
- 负荷方式通常很关键，需要精心设计
- 确保焊缝位置准确设计合理
- 必须在所有的结构中避免应力集中
- 确保焊接质量良好（实际的产品质量必须严格控制）。

应用Dogal高强度钢板往往涉及材料减薄，对于更薄的材料，典型的优秀设计还应包括：

- 使用加固件（例如加筋和折边）抵抗局部失稳和提高材料利用率
- 使用加固件防止局部弯曲，例如在载荷作用点处加固
- 增加焊点熔核直径并减小各焊点间距，以便减小焊接应力和提高整个结构的疲劳强度
- 点焊与粘结相结合（焊-粘）以便提高疲劳强度
- 使用激光焊接，因为激光焊接结构的疲劳强度高于点焊。

Dogal高强度钢板的焊接

镀锌钢板的焊接方法与其它冷轧钢板的焊接方法几乎相同。为了确保得到最好的焊接效果，相应的焊接参数必须改变。在汽车制造业，电阻焊尤其是点焊是最常用的焊接方法。

如今，机械式连接得到更普遍的应用，因为涌现出许多新的连接方法。MAG焊接是一种熔融焊，在焊接镀锌钢板时使用最多。

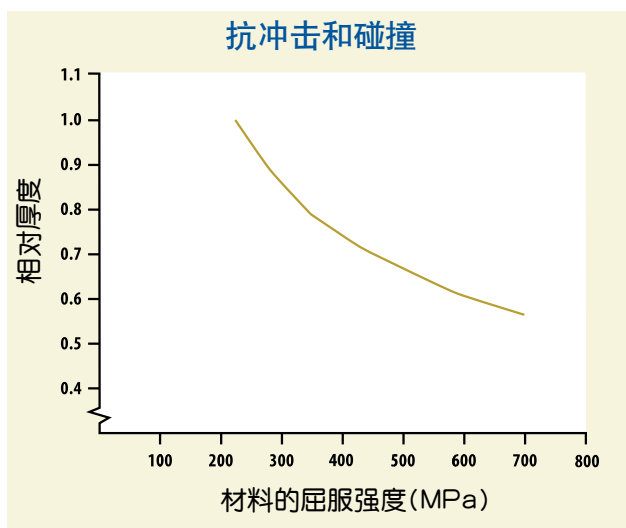


图11.



点焊

点焊Dogal高强度钢板时，推荐使用与无镀层钢板常用的电极类型Cu Cr Zr (A2，根据ISO 5182)。在焊接参数根据钢板强度改变之外，适用于镀锌软钢板焊接的参数调整也同样适用于镀锌高强度钢板：

- 增强电极压力（大约20–70%）
- 延长焊接时间（大约20–50%）
- 增强焊接电流（最高50%）。

与普通镀锌钢板的差别在于电焊高强度钢板时的电极压力与焊接时间必须进一步增加。能够完成高质量点焊的电流允许范围见表11。

焊点的强度

Dogal多相钢板焊点的剪切强度比其它软钢要高。剪切强度随被焊接钢板的强度增加而增强。焊点的剥离强度低于剪切强度，所以如果产品使用点焊，在设计中尽量使之承受剪切负荷，以便更好地使用更高强度的Dogal钢板。

熔融焊

镀锌钢板最常用的焊接方法是MAG焊接。有时也使用MMA焊接。在汽车装配工业，激光焊接也常使用。由于从烟中释放的氧化锌会附着在电极上而引起电弧不稳定和降低焊接质量，所以TIG 焊接很困难。

从焊接角度来看，最好的解决方案是在焊接处磨掉镀锌层。要确保焊接后的防腐能力，无论镀锌层是否被磨掉，必须要经过防腐处理，比如用富锌漆进行重涂。

如果镀锌层不能被磨掉，推荐采用以下措施：

- 尽可能使用薄的镀锌层
- 降低焊接速度
- 在MAG焊接时，使用二氧化碳含量高的保护气体
- 在焊接前，在钢板上喷洒防溅油

点焊高强度Dogal钢板时允许的电流强度范围的实测值										
牌号1	牌号2	厚度 牌号1/牌号2 (mm)	焊接数据					电流允许范围 ¹⁾		试样破坏形式
			电极直径 (mm)	电极压力 (N)	保持时间 (周/20mm)	冷却时间 (周/20mm)	焊接时间 (周/20mm)	范围 kA	最小-最大 kA	
Dogal 460 LAD ²⁾	Dogal 460 LAD	2.0/2.0	8.0	5000	30	10	20	1.5	9.4-10.9	钮扣状撕破
Dogal 500 LAD ²⁾	Dogal 500 LAD	1.5/1.5	6.0	4000	99	10	23	1.2	6.2-7.4	钮扣状撕破
Dogal 600 DP ²⁾	Dogal 600DP	1.0/1.0	6.0	3500	99	10	14	1.3	7.6-8.9	钮扣状撕破
Dogal 600 DP ²⁾	Dogal 600DP	1.5/1.5	6.0	4500	30	20	19	2.0	6.9-8.9	钮扣状撕破
Dogal 800 DP ²⁾	Dogal 800DP	1.2/1.2	6.0	4000	99	10	18	1.7	6.7-8.4	钮扣状撕破
Dogal 800 DP ³⁾	Dogal 800DP	1.5/1.5	8.0	4000	30	10	17	3.0	9.8-12.8	钮扣状撕破

表 11. 1) 最小值：熔核直径=70%×电极端点直径。最大值：不出现飞溅的最大电流
2) 镀锌层厚度Z100，7μm（两个牌号一样）
3) 镀锌层厚度Z140，10μm（两个牌号一样）



采用气保焊（MAG）搭接焊接Dogal先进高强度钢板结果									
牌号	钢板厚度 mm	锌层厚度 μm	焊材	电压 V	电流 A	焊接速度 cm/min	Rp0.2 MPa	Rm MPa	备注
Dogal 460 LAD	2.0	7	OK Autrod 12.51	18.1	91	36	342	509	匹配焊材
Dogal 500 LAD	1.5	7	OK Autrod 12.51	18.1	89	50	446	567	匹配焊材
Dogal 800 DP	1.2	7	OK Autrod 12.51	15.8	62	25	586	838	欠匹配焊材
Dogal 800 DP	1.2	7	OK Autrod 13.31	17.6	84	43	486	766	匹配焊材
Dogal 460 LAD	2.0	7	Safdual Zn	15.2	122	50	330	500	药芯焊丝
Dogal 500 LAD	1.5	7	Safdual Zn	15.3	121	60	493	541	药芯焊丝
Dogal 600 DP	1.2	20	Safdual Zn	14.7	132	80	500	628	药芯焊丝
Dogal 800 DP	1.0	20	Safdual Zn	14.6	129	80	590	725	药芯焊丝
Dogal 600 DP	1.2	20	OK Autrod 19.40	15.4	80	43	220	258	MIG钎焊
Dogal 800 DP	1.0	20	OK Autrod 19.40	15.4	74	43	269	403	MIG钎焊

表 12.

• 在MAG焊接时，使用专门焊接镀锌钢板的药芯焊丝

• 使用以铜线为焊材的MIG钎焊

气保焊（MAG）焊接强度

当使用气保焊焊接镀锌钢板时，焊接质量是决定焊缝强度最重要的因素之一。焊缝孔隙随着镀锌层厚度增加而增加，因此使用降低孔隙产生和减少飞溅的焊材很重要。

上表列出了气保焊焊接Dogal钢板时使用不同焊丝的情况。

激光焊接

激光焊接用于Dogal钢板时可同时用于装配焊接和拼焊板。搭接焊接是装配焊接中通常使用的。搭接焊接分为传统的上下钢板100%穿透的焊接或者在某一搭边进行焊接。在Dogal钢板上进行激光焊接与软钢所采用的方法相同，但是Dogal钢板需要的夹固力通常要高一些。为使Dogal钢板激光搭接焊时获得良好的效果，与焊接镀锌软钢一样，钢板之间的空隙最好是0.1-0.2毫米。这就能使含锌的烟尘从焊接池中释放出来，以避免产生孔隙和其它焊接缺陷。为了避免焊缝

上表面出现咬边缺陷，两板之间的空隙不应过大。

Dogal钢板可以用于拼焊板，焊接方式为激光对接焊。对Dogal钢板的对接边缘整理与镀锌软钢相同。对于这两种钢板的焊接，良好的边缘质量和参数设置是确保焊接效果的必要条件。如果拼焊板需要成形，通常通过拉延性能测试（Erichsen埃里克森杯突值测试）来检验激光焊缝的成形性。所有Dogal钢板都具有很高的Erichsen埃里克森杯突值（Erichsen值=焊缝的拉延性能/母材拉延性能），见下表13。

镀锌DP钢板的MIG钎焊

MIG钎焊也可以用于焊接镀锌高强度钢板。普通MIG/MAG焊接使用的设备同样可以用于MIG钎焊。以铜为基的低熔点焊丝同惰性保护气体一起使用。MIG钎焊最常用的焊丝是SG-CuSi3（DIN

Dogal先进高强度钢板激光焊缝的成形性（埃里克森杯突值测试）				
牌号	厚度	激光功率	焊接速度	埃里克森杯突值 ¹⁾
Dogal 460 LAD	1.9	2.6	2.0	0.78
Dogal 600 DP, Z 140	1.2	6.0	5.5	0.82
Dogal 800 DP, Z 100	1.2	6.0	10.0	0.82

表 13. 1) 埃里克森杯突值=焊缝的拉延成形性/母材的拉延成形性

MIG钎焊DP钢板静态强度

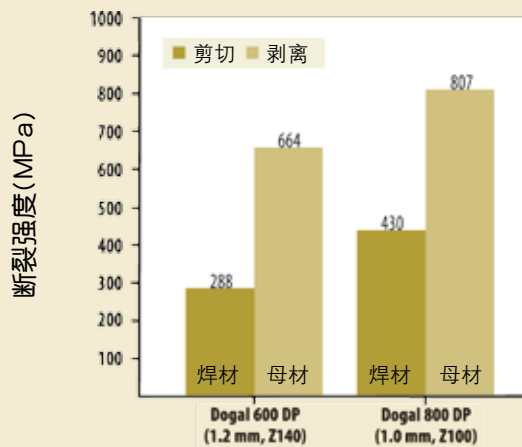


图12. MIG钎焊Dogal 600DP和Dogal 800DP的剪切试验（搭接接头）和剥离试验（翻边接头）。
焊材/保护气体：SG-CuSi3/Ar

1733)，它的硬度较低且熔点范围宽，因而可以降低钎焊时出现各种焊接缺陷的风险。与MAG焊接相比，MIG钎焊具有以下优点：

- 较低的热输入量
- 钢板不易变形
- 飞溅少，外观良好

MIG钎焊的一个缺点是焊丝强度较低。Dogal 600 DP Z140（1.2毫米厚）和Dogal 800 DP Z100（1.0毫米厚）的抗剪试验与剥离试验结果在图12中列出。翻边接头的强度（剥离试验）很好，断裂发生在母材。由于焊丝的强度低，搭接点的强度（抗剪试验）要比母材低，断裂发生在焊缝。



防腐蚀

简介

金属暴露在大气中的时间要比在其它腐蚀环境中多。大气腐蚀发生在金属表面存有含水薄膜的情况下。水膜很薄有时肉眼不易发现。

大气中引起腐蚀的主要元素是氧(20%)，水份(20℃时占2.3%)和二氧化碳(0.03%)。其它腐蚀元素是由自然变化或人为造成的，如二氧化硫、煤烟、二氧化氢、臭氧、氯化钠、氮、氧化物等。一些因素如风向、温度、降雨、固体微粒也起重要作用。腐蚀程度会随以下因素而加重：

- 相对湿度增加
 - 凝结现象发生(当表面温度相当于或低于露点)
 - 大气中的污染加重
- 经验证明如果湿度高于80%和温度高于0℃

时，容易发生腐蚀。然而，如果有污染物或吸湿盐，腐蚀也会在低湿度情况下发生。

人们用镀锌钢板防腐蚀已经有一百多年历史。这种镀锌层是相当有效的，以两种方式发挥其作用，既提供物理屏障型保护又提供电化学保护。同热浸镀锌软钢一样，Dogal高强度钢板的防腐蚀性能由锌层决定。同其它热镀锌钢板一样，Dogal也具有相同的防腐蚀功能。镀锌层在很宽的PH值范围即4-12内(参见图13)是有效的，即能在此PH值范围的大气环境和水溶液中发挥保护作用。

大气腐蚀

瑞典腐蚀研究院已经对Dogal在各种环境下的长期防腐蚀性能进行了研究，结果参见表

14。试验基地根据钢板和锌板暴露一年的试验结果即SS EN ISO 12 944-2标准进行了分类。最新分类数据参见表15。

SS EN ISO 12 944-2标准更详细地描述了这些不同的环境(见表16)。

环境被分为五种，从最低腐蚀性(C1)到最高腐蚀性(C5)。每个数据栏也标出了质量损失和平均厚度减少值。这些数据可用来确定在不同腐蚀环境中钢板的使用寿命(参见表16)。

在SS EN ISO 14 713标准里，单面镀锌层厚度为20 μm的连续热浸镀锌钢板，Z275，被批准使用于C2环境中，相应的使用寿命至少为15年。

在水溶液中Dogal的腐蚀速率与pH值的函数关系

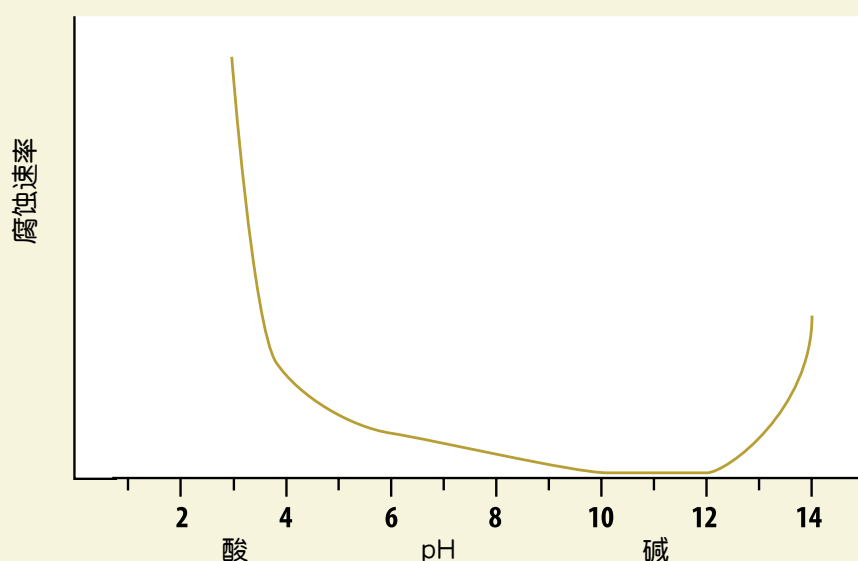


图13.

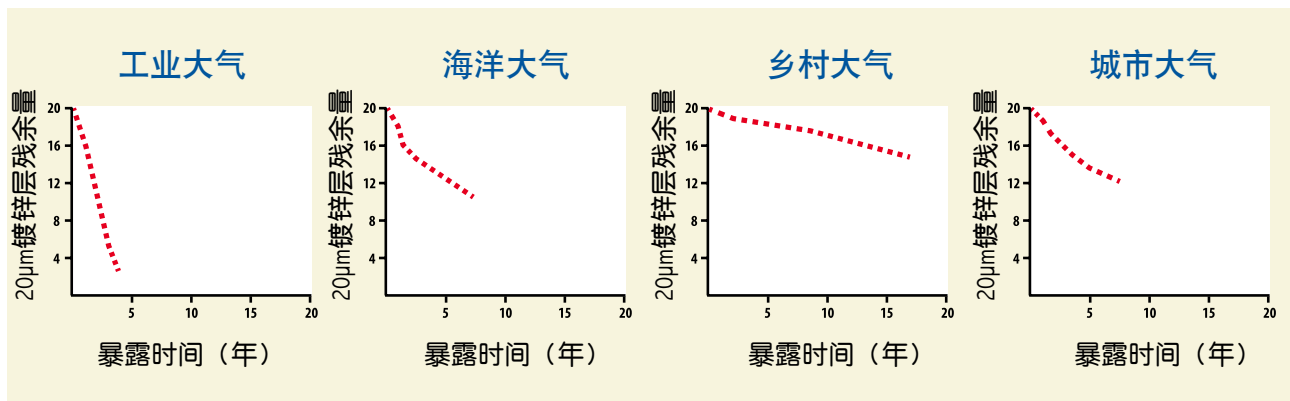


图 14.

测试站点腐蚀环境等级			
测试站点	环境	碳钢	锌
Ryda	乡村	C2	C2
Stockholm, Vanadis	城市	C2	C2
Borregaard	工业	C3	C4
Bohus Malmön	海洋	C5	C3

表 14. 测试站点为瑞典地名。除Borregaard来自1995年数据外，其他数据基于2002年户外暴露试验

Dogal Z275的预计使用寿命										
牌号	预计的使用寿命 (年)									
	C1		C2		C3		C4		C5	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Dogal Z 275	∞	∞	18	130	6	18	3	6	1	3

表 15.

大气腐蚀等级				
腐蚀等级	1年后的每单位面积的质量损失，厚度损失			
	钢 质量损失 (g/m ²)	钢 厚度损失 (μm)	锌 质量损失 (g/m ²)	锌 厚度损失 (μm)
• C1 (很低) 户内	≤ 10	≤ 1.3	≤ 0.7	≤ 0.1
• C2 (低) 大部分乡村环境	>10 to 200	>1.3 to 25	>0.7 to 5	>0.1 to 0.7
• C3 (中等) 低至中度污染的城市环境	>200 to 400	>25 to 50	>5 to 15	>0.7 to 2.1
• C4 (高) 中度污染的城市及海洋环境	>400 to 650	>50 to 80	>15 to 30	>2.1 to 4.2
• C5 (很高) 高湿度及恶劣大气条件下的城市及海洋环境	>650 to 1500	>80 to 200	>30 to 60	>4.2 to 8.4

表 16.

切割边缘的腐蚀

图15显示了Dogal的切割边缘。与钢板边缘相比，锌层惰性较低，因此成为电耦合中的正极，而钢板边缘成为负极。对边缘的保护取决于环境的恶劣情况，即边缘处湿膜的传导性、镀层厚度和钢板厚度。

附在边缘的湿膜的传导性由溶盐量决定。高传导性可以增强切口边缘的保护程度，从而更多的钢板得到了保护。纯水膜，例如冷凝水具有很低的传导性，此时边缘受到的保护很差。很短的时间过后，红锈就会出现在切口边缘。在运输和储存过程中，当产品被暴露在高湿度的环境中，这种现象就会出现。

镀锌层不能保护厚度超过1至2毫米的切口。当边缘暴露在高湿度或冷凝水中时（即低传导性环境中），能保护的切口上限为1毫米。在污染严重或多盐的环境中（高传导性环境），能保护的切口上限为2毫米。

保护机制发挥作用的结果在图15中描述，金属涂层在邻近边缘的地方开始分解。显然，更厚的镀层可以发挥更长时间的保护作用，这是因为有更多的锌参与保护。发生锌分解的区域宽度由湿膜的传导性和该分解区域有多少处于潮湿状态中所决定，例如，竖直钢板的下边缘或水平放置的凿孔的钢板所暴露的切割边缘是不同的。

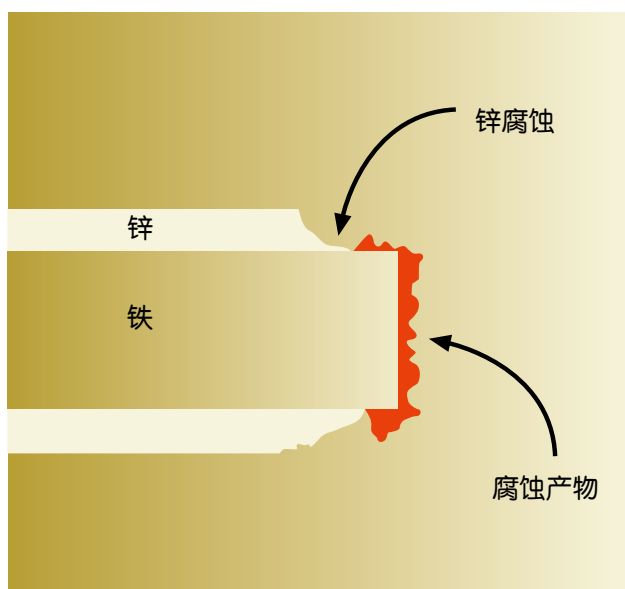


图15. Dogal®钢板边缘腐蚀

材料的兼容性

如果Dogal与其他金属或合金直接发生导电接触并组成闭合电路，会发生电化学腐蚀。由于锌层在这种连接中一般属于惰性较低的金属（见图17），它会成为正极并且比在没有形成电耦合对的情况下更快腐蚀。图17列出了一些常见材料惰性的排序情况，当两种材料被连接在一起时，惰性较差的材料成为正极，腐蚀速度超过负极。

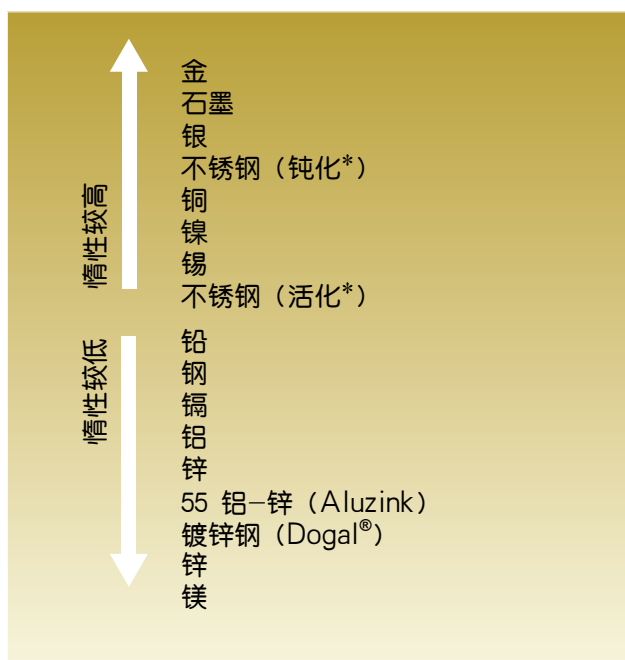
严重的情况是将Dogal与那些惰性最强的材料连接。在这种情况下，腐蚀的驱动力很强，对正极材料（Dogal）的腐蚀比在非电耦状态下要快的多。

Dogal不应该同铅或铜一起使用，也包括各种含有这些元素的合金材料，如黄铜。要避免水从含铜的部分流到Dogal上，因为会出现褪色和腐蚀。在恶劣的环境中，与不锈钢或镍接触也是有风险的。

木材是一种能吸收大量水分并长时间保持高湿度的材料。Dogal与木材接触的部分形成腐蚀缝隙从而产生白锈。这一过程同在潮湿的环境中储存或运输钢板时出现白锈的过程很相似。

浸渍材更糟，因为浸渍化学液通常含有铜盐，铜盐多少会溶解一部分并从木材中渗出。此溶解液相当危险，能严重损坏Dogal。如果是使用木材进行储存和运输，这些方面的事宜要充分考虑，以防止产品受损。更详细的说明请参见运输与储存一章。

表18显示石墨是一种惰性非常强的材料，能加剧腐蚀。黑烟末在各种橡胶中作为色素使用。黑烟末与石墨相同。如果与Dogal接触的橡胶含有黑烟末，它就会加剧腐蚀程度。



* 在钝化状态，材料表面有一层惰性氧化层。在活化状态时没有。

表 17. 金属材料的电化学排序

各种密封和油毡材料是石化产品并含有沥青。如果密封和油毡材料暴露在紫外线辐射下，其中的一些元素会分解并被雨或水的冷凝物滤出，这样就会形成一种酸性溶液。如果此溶液与Dogal接触，也会加重腐蚀。确保没有腐蚀化学制剂从密封和油毡材料中滤出，同时确保该密封和油毡材料中含有紫外线稳定剂或覆盖防辐射表面层。

焊缝保护

在焊接时，焊接区域的大部分镀锌层会蒸发，因此在焊缝处的防腐蚀能力非常有限。焊点通常过大而不能从周围的涂层得到完全的电化学保护（图16），于是红锈会出现在焊点处，不管焊点的尺寸有多大。通过采用富锌漆或喷锌处理可以提高焊缝的防腐蚀能力。

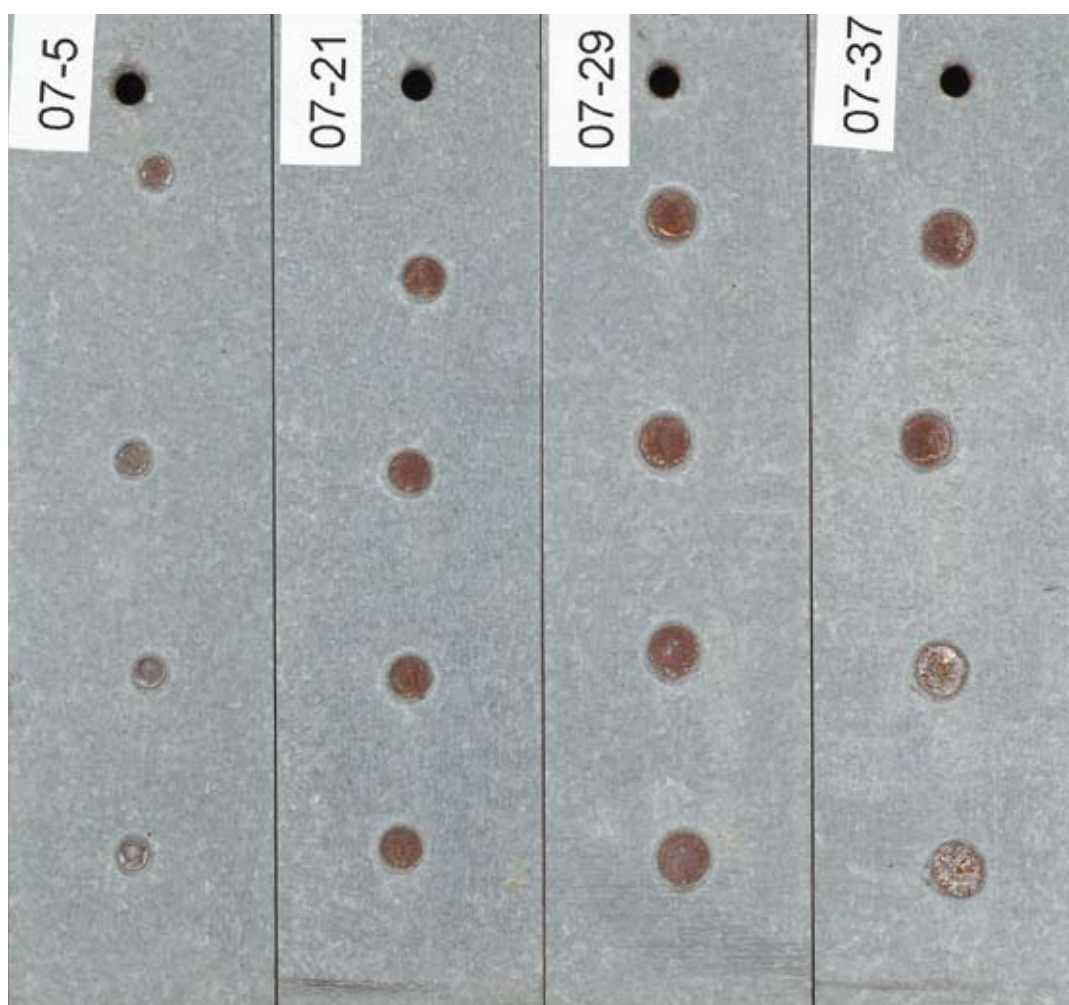


图 16. 在城市大气中暴露5年后的具有几种不同直径焊点的点焊Dogal钢板。焊点直径从左到右增加。我们会注意到，无论焊点的大小，红锈都产生在焊点位置。

表面处理

Dogal的外观和功能可以通过表面处理来提高。许多预处理和镀层系统应用在热镀锌钢板上。选择哪种表面处理是由产品本身的要求与产品所处的腐蚀环境的恶劣程度共同决定的。

清洁处理

在涂漆前必须确保金属表面洁净，否则就不可能得到良好的涂层。最常用的清洁剂是碱性水溶液，可采取喷洒或浸泡的方法。清洁剂的配比根据表面灰尘种类和数量。在此方面的建议可咨询预处理化学药品的供应商。

如果产品用于室内或室外良好的环境，在涂漆前进行表面清洁即可。在恶劣的环境中，在涂漆前要进行化学转换护膜处理。

化学转换护膜

通常的表面转换处理过程是铁磷化，并结

合同步清洁或另外的单独清洁处理工序。铁磷化会使锌层表面附一层薄（小于1 μ m）磷化锌。

另一种表面处理方法是锌磷化，含有或不含有镍和锰。锌磷化溶池比铁磷化溶池需要更多关注和更严格的控制并产生一层较厚的晶体膜。如果对于喷漆附着力和防腐蚀性能有极为严格的要求，就要使用这个方法。

所有的磷化膜的目的是提高喷漆附着力和减少膜下腐蚀风险（即漆膜下面的腐蚀）。

涂漆配套

热镀锌钢板有两种主要的涂漆配套，即：溶剂性涂料或水溶性涂料和粉末涂料。经验法则是越厚的漆膜防腐蚀作用越好。在恶劣的环境下，涂漆配套必须包括一个含有防腐蚀填料的底漆膜。为了延长产

品寿命，面漆的户外稳定性是最基本的要求。

底漆

底漆的作用是提供金属表面良好的附着力和提供防腐蚀保护。它应该含有防腐蚀填料例如磷化锌。合适的底漆是抗碱性的醇酸和环氧漆。由于环氧树脂能被阳光降解，在产品暴露在阳光前必须在环氧底漆上涂面漆。若环境良好，底漆可以不用。

面漆

面漆的作用是使漆膜表面更美观并防止划痕和冲击。它也有一个技术层面的价值，如提供静电屏蔽或防滑性能。根据粘合剂和粘合剂的特性，表18给出对涂料性能的简单总结。

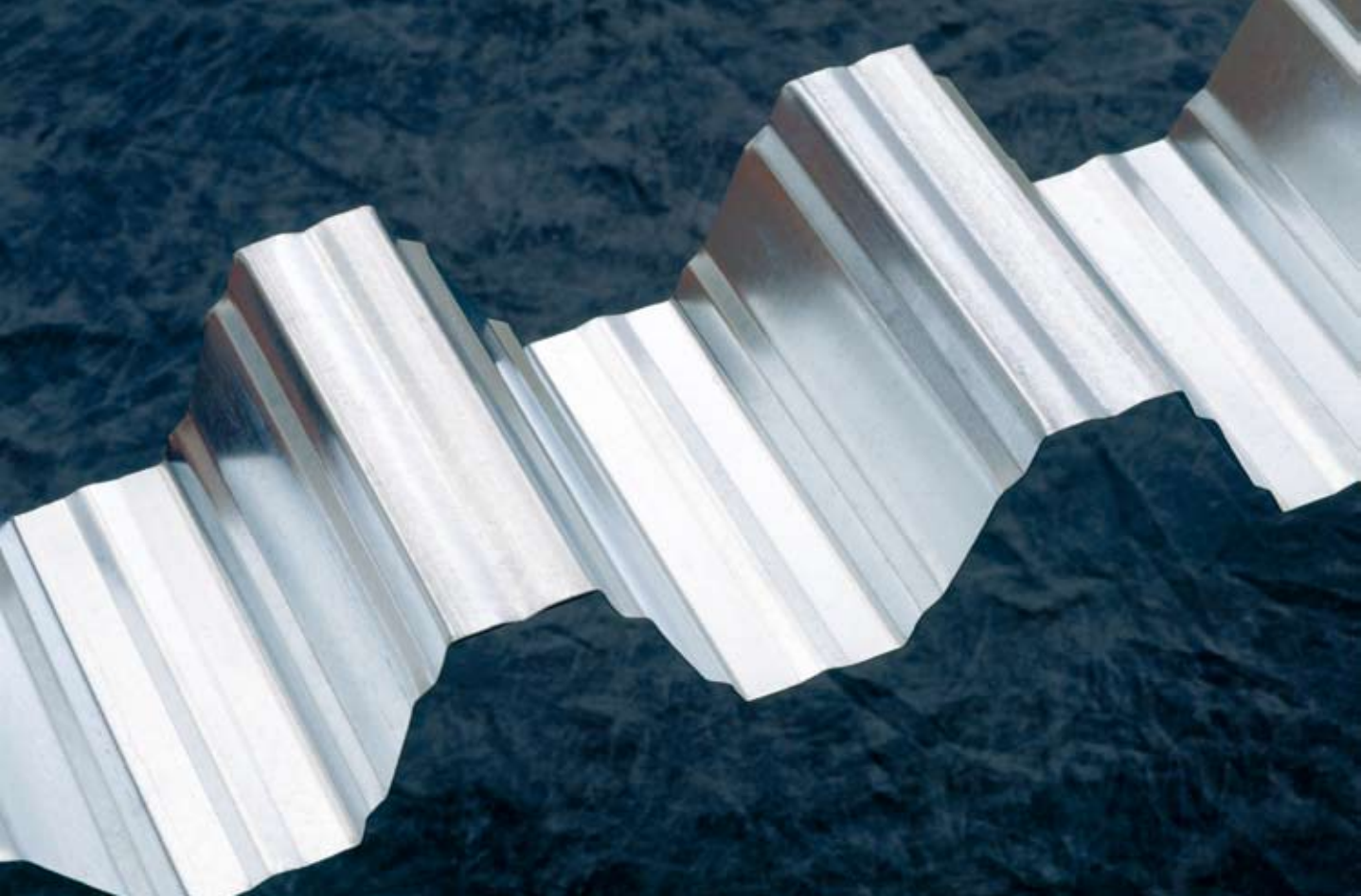
为Dogal推荐的涂漆配套

基于不同的腐蚀类别，表19列出了为Dogal设



粘合树脂	性能
丙烯酸	良好的户外稳定性，不褪色，良好的机械性能。有限的抗溶剂性能。空气或烘炉干燥。
醇酸	对于Dogal®不推荐使用
环氧	由于粉化的风险而不能用于户外。良好的机械性能和防化学品能力。可供应状态为粉末或溶剂型涂料（炉干）
聚酯	粉末涂料常用的粘合剂。良好的户外稳定性和机械性能。
聚氨酯	优秀的防化学品能力和户外稳定性。可供应状态为水性涂料、溶剂型涂料或粉末涂料。

表 18.



计的合适的涂漆配套。完整的配套选择可咨询相关供应商。

运输与储存

为确保顺利生产和对终端产品进行表面处理，防止产品受湿和受潮是很重要的，此控制要贯穿于生产和储存的整个过程，即从钢厂到终端用户。

如果钢卷或钢板在运输或储存过程中受湿或受潮，会发生储存污渍。当钢卷或捆扎紧的钢板接触水或潮气，这种腐蚀会在表面形成白色或灰色的锈。水分在毛细管作用下进入钢卷或钢板之间，引起腐蚀并使表面变色。

受腐蚀的面积如果较小可以通过轻度喷砂进行清洁，还有一些预处理方法也可以去除锈迹。在这种情况下，表面可以采用通常的方法涂漆。然而，如果锈斑不能去除，就不能在表面涂漆，因为漆膜附着的效果通常不会理想。

腐蚀等级	预处理	涂漆配套
C2	除油污	除油污粉末涂层，环氧*或聚酯，成膜厚度不小于60μm
	除油污+磷化铁酸洗	除油污+磷化铁酸洗粉末涂层，环氧*或聚酯，成膜厚度不小于40μm
C3	除油污	除油污添加活性防腐蚀颜料的丙烯酸水性底漆 + 聚酯粉末面漆，成膜厚度不小于60μm
	除油污+磷化铁酸洗	除油污+磷化铁酸洗粉末涂层，聚酯，成膜厚度不小于60μm
C4	除油污	除油污添加活性防腐蚀颜料的丙烯酸水性底漆 + 聚酯粉末面漆，成膜厚度不小于60μm
	除油污+磷化铁酸洗	除油污+磷化铁酸洗粉末涂层，聚酯，成膜厚度不小于80μm

表 19. * 仅用于户内。



模具钢的推荐

Dogal高强度钢板的冲裁与成形

在所有工业生产中，保证钢板部件的成形与剪切工序的顺利进行是非常重要的。从模具设计到维护包括许多阶段，详细描述见下列示意图。

获得高的生产率和节省生产成本的先决条件是使所有生产环节良好运行。因此为剪切工序选择合适的模具钢是至关重要的。

为了能选择合适的模具钢，首要的是了解在剪切和成形过程中导致模具失效或损坏的机理。基本上有五种破坏机制会导致模具中工作部件的损坏：

• 磨损 包括磨粒磨损或粘着磨损，与工件材料、成形类型以及

滑动接触点的磨擦力有关。

• 塑性变形 如果应力与模具材料的压缩屈服强度（硬度）不匹配，模具就会出现塑性变形。

• 崩刃 如果应力与模具材料的延展性不匹配就会引起模具边缘出现崩刃。

• 裂纹 如果应力与模具材料的韧性不匹配就会引起模具出现裂纹。

• 粘着 由于工件材料与滑动接触点的磨擦力不匹配引起，与粘着磨损机理相同。

塑性变形、崩刃和裂纹是严重的破坏形式，通常会导致损失巨大的生产中断。磨损和粘着的可预见性较好，一般可通过对模具有系统的维护得到

解决。所以通常情况是允许磨损而避免出现崩刃和裂纹。

Dogal高强度钢板在剪切和成形时有特殊要求，即对于同样厚度的钢板所需剪切力要高于软钢，这是因为在成形时必须克服材料很高的屈服强度，在剪切时克服很高的剪切强度。这就意味着应力增大了，对模具材料的耐磨性和强度要求也增大了。剪切工序是最敏感的，需要同时考虑抗磨损与抗崩刃/模具断裂，然而成形工序仅需要抗磨损即可。

我们对用于抵抗以上描述的种种模具损坏机理的来自Uddeholm Tooling（一胜百公司）的不同牌号的冷作模具钢的表现进行了比较，比较结果见表20。

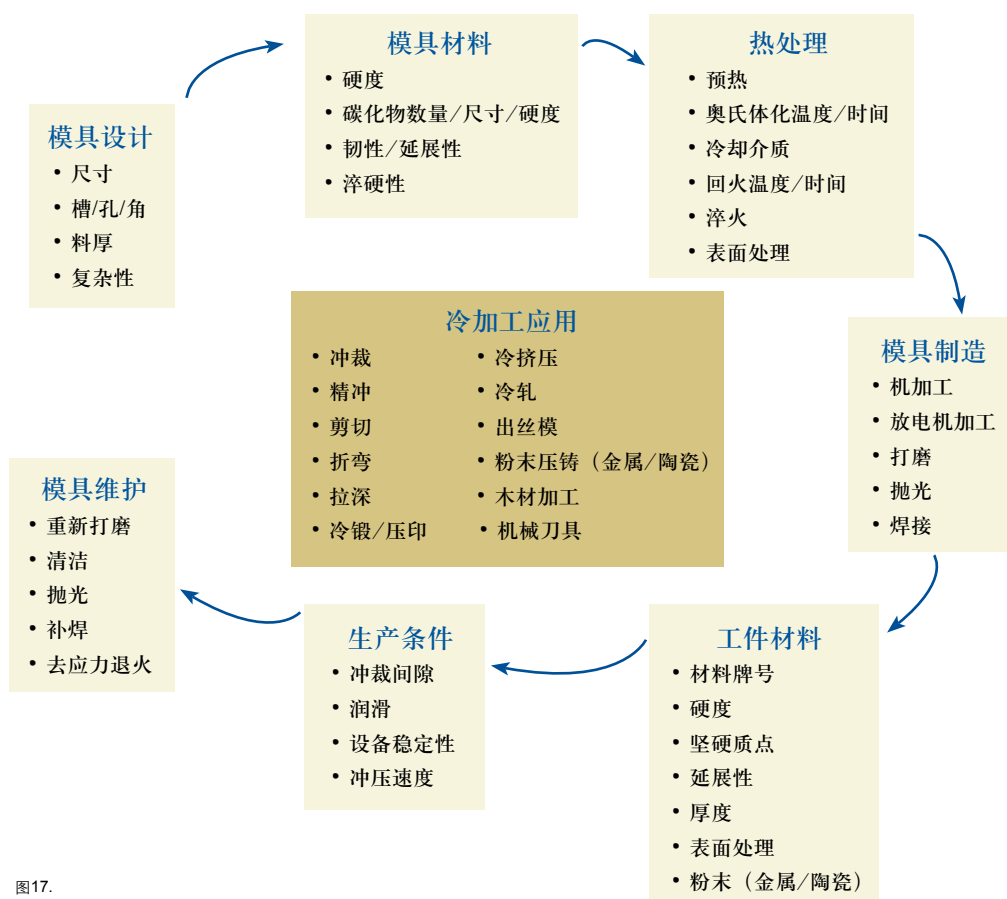


图17.

不同破坏机制下的模具钢表现对比								
模具钢牌号	标准			硬度	抗磨损		抗疲劳失效	
	SS	ISO	DIN	抗塑性变形	磨粒	粘着	裂纹起始	裂纹长大
							延展性—— 抗崩刃	韧性—— 抗断裂
Arne	2140	W.-Nr. 1.2510	AISI O1					
Calmax		W.-Nr. 1.2358						
Rigor	2260	W.-Nr. 1.2363	AISI A2					
Sleipner								
Sverker 21	2310	W.-Nr. 1.2379	AISI D2					
Sverker 3	2312	W.-Nr. 1.2436	AISI D6					
Vanadis 4								
Vanadis 23		W.-Nr. 1.3344	AISI M3:2					
Vanadis 6								
Vanadis 10								

表 20.

生产条件

与其它钢种相比，VANADIS模具钢把防磨损和防崩刃良好的结合起来，原因是此钢种是采用粉末冶金方法制造，而其它钢种是用采用传统的冶金方法制造。差别主要在于粉末冶金方法能生产出细小的、分布均匀的碳化物用来增加耐磨损能力。进而，因为细小，碳化物成为疲劳裂纹起始点的危险大大降低了。与此相反，传统模具钢即使具有不错的耐磨性能，但是其中含有的碳化物较大并按条状排列，这样会削弱材料的机械强度和疲劳强度。

剪切Dogal高强度钢板的模具钢选择指导

为特定的生产环境选择模具钢并提供准确的建议是非常困难的，因为没有两个完全相同的生产系统。如果可能的话，更好的办法是，建立在以往生产中获取的经验之上，通过比较不同模具钢在相同的机械装置设备上的表现，逐渐改进模具钢的选择。如果使用者缺乏内部的生产经验，请参见表20。

表20列出了应用于低强度级别Dogal钢板、薄钢板和具有简单几何形状零件的所有模具钢种，然而仅有几种模具钢能应用于更高强度级别，主要是考虑崩刃导致模具在很早阶段就失效的风险。

在模具设计和生产中，重要的是避免尖锐的边角、折弯圆角偏小以及粗劣的机械加工表面。很高的工作应力与模具钢的高硬度结合起来在这些地方容易造成应力集中。

成形Dogal高强度钢板的模具钢选择指导

尽管在Dogal钢板成形时因经受很高的摩擦力也有可能发生粘着磨损，但是在本质上，磨粒磨损是造成模具在成形时损坏的主要机理。粉末冶金钢对抵抗此类磨损具有最好的性能，除了包括在表20模具损坏机理部分的内容以及在前面介绍的模具钢选择基本指导外，在选择模具钢时请务必咨询一胜百公司以了解其他必要信息。在设定好的模具状态下，小的成形圆角是有利的。需要注意的是，超高强度钢板不如软钢板易于成形，所以部件的成形圆角不能达到象软钢成形时那样小。

SSAB联合一胜百公司共同编写的模具钢选用手册已推出第二版，请向各地SSAB或一胜百公司办事机构索取。

冲裁高强度钢板模具钢选择指导

复杂几何形面				
标准几何形面				
简单几何形面				
	Dogal 500 LAD	Dogal 600 DP	Dogal 800 DP	Dogal 1000 DP

图 18.

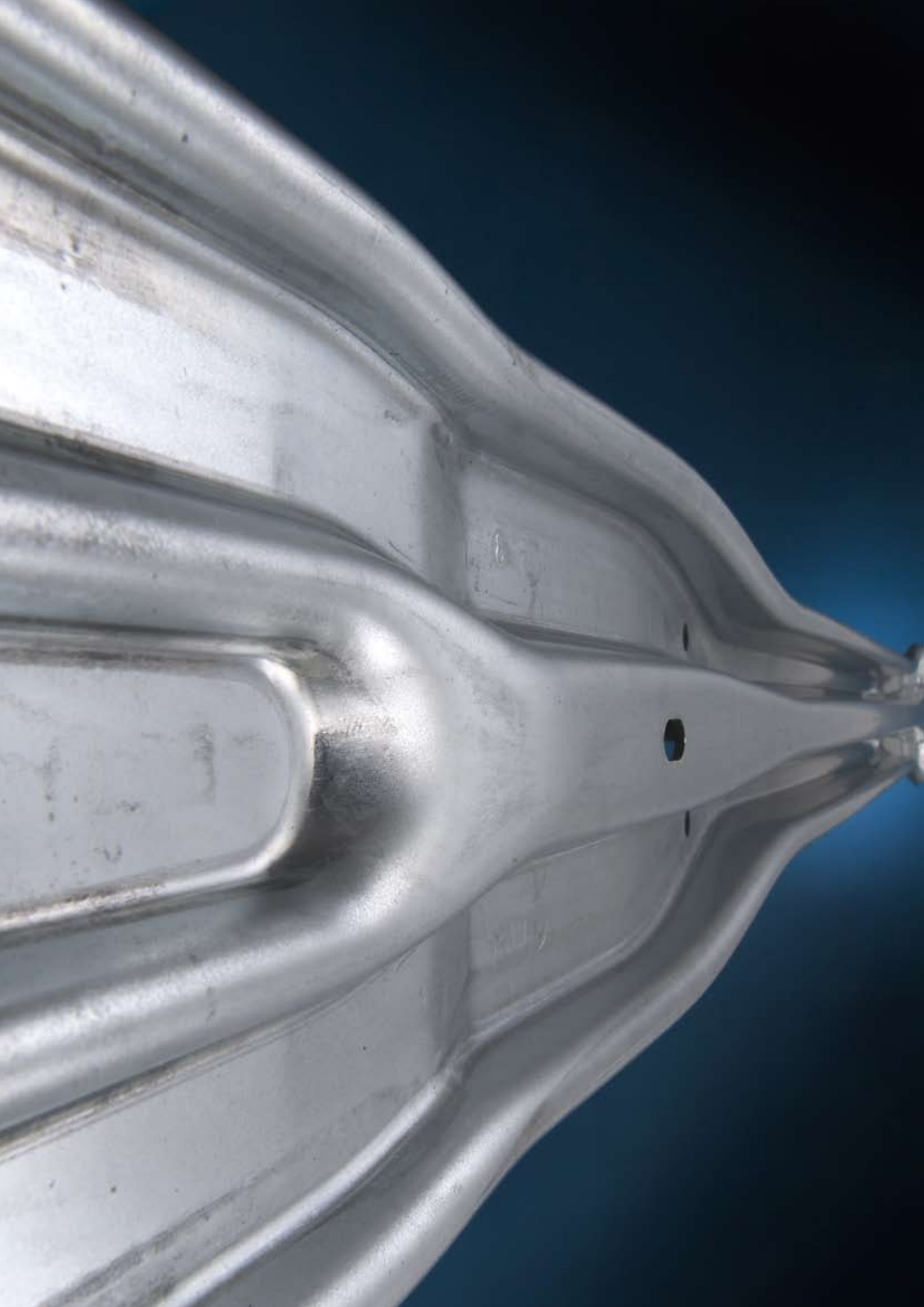
较短和中等 生产周期	Sleipner Rigor Calmax Sverker 21	Sleipner Rigor Calmax	Sleipner Rigor Vanadis 4
较长生产周期	Vanadis 10 Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner Sverker 21	Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner Sleipner Sverker 21	Vanadis 6 Vanadis 4 Vanadis 23 Sleipner

表 21. 所有上述情况，模具钢硬度至少达到58HRC，否则易出现塑性变形。

成形高强度钢板模具钢选择指导

生产周期	主导磨损类型		
	粘着磨损	混合磨损	磨粒磨损
短	Arne 54-56 HRC Carmo* 54-61 HRC	Arne 54-58 HRC Calmax 54-59 HRC	Arne 54-60 HRC
中	Calmax 54-58 HRC Sleipner 56-62 HRC	Rigor 54-62 HRC Sleipner 58-63 HRC	Sverker 21 58-62 HRC Sleipner 60-64 HRC
长	Vanadis 4 56-62 HRC	Vanadis 6 60-64 HRC Vanadis 23 60-65 HRC	Sverker 3 58-62 HRC Vanadis 6 60-64 HRC Vanadis 10 60-64 HRC

表 22. *火焰/感应淬火



设计师 应该 牢记什么？

Dogal先进高强度钢板可以帮助制造轻量化的产品。然而，要牢记的是产品的最终性能是由结构设计材料与材料性能相结合决定的，梁和各种结构件的承载力以及抗弯刚度主要受截面的高度和不同加固件的影响。

加固件如凹槽和折边用于薄钢板构件，可以降低失稳倾向，增加部件的刚度以使材料充分发挥作用。加固件在设计能量吸收部件时也很重要，在这些部件里失稳和折叠变形应该得到抑制或控制，这一要求甚至在塑性变形过程中也是一样的。凹槽和加固件可在冲压过程中直接成形为Dogal高强度钢制成的部件的一部分。

相对于其高强度来说，Dogal材料的冲压性能可谓良好。然而，要确保折弯圆角半径足够大以及拉深深度适中。辊压成形尤其适合于长期大批量制造的等截面零件。在辊压成形过程中，凹槽和折边可以直接在成形过程中布置在合适的部位。考虑到Dogal高强度钢板的成形特点，在设计中要对回弹进行适当的补偿。这一点在设计成形模具时也要非常关注。采用应力沿钢板平面分布的平面效应以便使材料更好地发挥作用。尽量避免结构出现应力垂直于钢板平面分布的平板效应以避免局部因失稳而挠度过大从而产生过高的弯曲应力。



SSAB钢铁集团是北欧地区最大的钢板制造厂商，也是高强度钢板的世界领导者。通过2007年7月购得北美钢厂IPSCO，我们在战略上迈出一大步，成为全世界最大的高附加值钢材制造厂商。IPSCO钢厂是北美最大的淬火钢板制造厂。

钢材产品范围现在包括低碳钢及淬火钢。低碳钢由SSAB瑞典Tunnplåt钢厂生产，淬火钢由SSAB瑞典Oxelosund钢厂生产，钢管由SSAB北美IPSCO钢厂生产。SSAB钢铁集团雇员人数约9300人，钢板年产量约590万吨，年销售额约550亿瑞典克朗。

从终端产品的整个寿命周期着眼，我们的环境政策包括不断提高生产效率，注重环保，发挥我们产品的环保优势。

我们拥有现代、高效的生产和轧钢厂。SSAB Tunnplåt钢厂的产品如下：

DOMEX[®]
热轧钢板

DOCOL[®]
冷轧钢板

DOGAL[®]
金属镀层钢板

PRELAC[®]
彩色涂层钢板

SSAB Tunnplåt已注册商标

我们会协助客户选择最适合其产品的钢板，以此提高客户产品的综合竞争力。我们的优势在于我们优质的产品、有保障的供货和灵活的技术服务。

瑞典SSAB钢板有限公司北京代表处
Tel: +86 10 6440 3550
info.cn@ssab.com
ssab.com

瑞典SSAB钢板有限公司上海代表处
Tel: +86 21 6235 0065
info.cn@ssab.com
ssab.com

瑞典SSAB钢板有限公司重庆代表处
Tel: +86 23 6311 1535
info.cn@ssab.com
ssab.com

瑞典SSAB钢板有限公司广州代表处
Tel: +86 20 8558 8569
info.cn@ssab.com
ssab.com

瑞典SSAB钢板有限公司武汉临时联络处
Tel: +86 27 8555 7550
info.cn@ssab.com
ssab.com

SSAB Tunnplåt AB
SE-781 84 Borlänge
Sweden
Tel +46 243 700 00
Fax +46 243 720 00
ssab.com

澳大利亚
SSAB Swedish Steel
Tel +61 395 488 455

巴西
SSAB Swedish Steel Ltda
Tel +55 41 3014 9070

波兰
SSAB Swedish Steel Sp.z.o.o.
Tel +48 602 72 59 85

丹麦
SSAB Svensk Stål A/S
Tel +45 4320 5000

德国
SSAB Swedish Steel GmbH
Tel +49 211 91 25-0
Tel +49 711 6 87 84-0

俄罗斯
SSAB Swedish Steel
Tel +7 495 781 3933

法国
SSAB Swedish Steel SA
Tel +33 1 55 61 91 00

芬兰
Oy SSAB Svenskt Stål Ab
Tel +358-9-686 6030

韩国
SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +822 761 6172

荷比卢经济联盟
SSAB Swedish Steel BV
Tel +31 24 67 90 550

捷克
SSAB Swedish Steel s.r.o.
Tel +420 545 422 550

美国
SSAB Swedish Steel Inc
Tel +1 412 269 21 20

南非
SSAB Swedish Steel Pty Ltd
Tel +27 11 827 0311

挪威
SSAB Svensk Stål A/S
Tel +47 23 11 85 80

葡萄牙
SSAB Swedish Steel
Tel +351 256 371 610

土耳其
SSAB Swedish Steel Celik Dis Tic. Ltd. Sti
Tel +90 216 372 63 70

西班牙
SSAB Swedish Steel SL
Tel +34 91 300 5422

意大利
SSAB Swedish Steel S.p.A
Tel +39 030 90 58 81 1

英国
SSAB Swedish Steel Ltd
Tel +44 1905 795794