

第5期 - 2018年2月

1. 关于钒的近期出版物评述
2. 2017 年钒奖候选名单
3. 关于钒的近期发表的论文
4. 技术和会议一览表
5. Vanitec 会员

Vanitec Limited

Hildenbrook House
The Slade
Tonbridge
Kent
TN9 1HR
UK

Tel: +44 (0) 1732 240 121
E-mail: info@vanitec.org
Website: www.vanitec.org

国际钒技术委员会是一个全球钒技术的资源中心，它召集世界范围内涉及采矿，处理及生产，研究和使用的钒及含钒产品企业和研究所的代表。

国际钒技术委员会致力于创建、收集和传播关于钒及其使用、可获得性、科技发展新成果和应用趋势的信息。《钒技术》的宗旨是提供关于钒应用的最新信息，并通过对相关主题文章的简要介绍而发起讨论。

关于钒的近期出版物评述

钒改善汽车车身用热冲压硼钢的机械性能

使用超高强度钢是在减轻车身重量的同时确保达到防撞性能要求的最有效方法之一。不过，由于成形性能较差和回弹效应明显，超高强度钢在室温下的成形受到限制。因此，瑞典在上世纪70年代开发了热冲压技术。如今，这项技术正在被越来越多地用于轻型超高强度钢车身结构部件的制造。在传统的直接热冲压工艺中，带钢形式的硼钢（最常用的钢种是22MnB5）坯料在炉内被加热到大约900°C的奥氏体化温度，然后在内部冷却模具中成形，再进行加压淬火以使部件生成马氏体组织，从而达到1,500MPa的高强度。热冲压工艺能够制造出形状复杂的超高强度部件而不产生回弹问题。近年来，人们为开发性能更好的热冲压钢而进行了很多研究工作。Taylor T. 等人在《材料科学和技术》（2017年第33卷16期，1964 - 1977页）发表的一篇论文“碳和微合金化元素的添加对热冲压硼钢的作用”中指出，在热冲压硼钢中添加钒能够使极限抗拉强度超过1,600MPa，同时总延伸率超过11.0%。

Effect of Vanadium on UTS

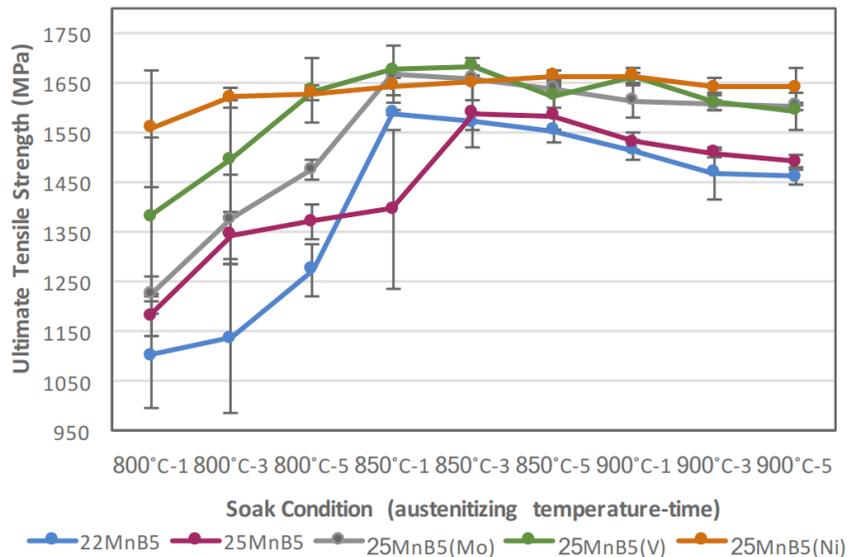


图1 钒的添加使极限抗拉强度比标准22MnB5和25MnB5钢明显提高

在实验室进行了 8 种硼钢的热冲压实验，包括 1 种传统硼钢 22MnB5 和 7 种新型硼钢，后者的碳含量不同，而且为了达到比 22MnB5 更高的抗拉强度和延伸率而添加了微合金化元素钼、钒和镍。

这些钢被概括分为 XMnB5 和 25MnB5(X) 两类，其化学成分列于表 1。每种钢都在 9 个不同的均热温度 (800°C、850°C 和 900°C) 和时间 (1、3 或 5 分钟) 组合下进行了研究。

表 1 钢的化学成分 (wt. %)

钢种		C	Mn	Si	P	S	Cr	V	Mo	Ni	Ti	B	N
XMnB5	22MnB5	0.225	1.229	0.211	0.018	0.008	0.289	0.000	0.001	0.000	0.037	0.0041	0.0049
	15MnB5	0.145	1.200	0.190	0.015	0.004	0.280	0.000	0.005	0.005	0.023	0.0030	0.0044
	29MnB5	0.291	1.260	0.179	0.017	0.007	0.195	0.000	0.001	0.000	0.030	0.0036	0.0061
	38MnB5	0.380	1.200	0.190	0.015	0.004	0.280	0.000	0.005	0.005	0.024	0.0030	0.0047
25MnB5 (X)	25MnB5	0.245	1.195	0.178	0.021	0.009	0.251	0.000	0.001	0.000	0.033	0.0032	0.0040
	25MnB5 (V)	0.255	1.200	0.190	0.016	0.004	0.280	0.097	0.005	0.005	0.024	0.0030	0.0047
	25MnB5 (Mo)	0.257	1.180	0.202	0.016	0.005	0.280	0.000	0.218	0.000	0.029	0.0041	0.0072
	25MnB5 (Ni)	0.255	1.310	0.190	0.014	0.004	0.280	0.000	0.005	0.500	0.024	0.0030	0.0050

对钢进行热冲压后的扫描电镜 (SEM) 分析表明，钢中生成了 46% - 100% 的马氏体，而在每种马氏体不到 100% 的情况下，其余的组织都是先共析铁素体。对每种钢来说，均热时间-温度和马氏体分数之间基本都呈正相关关系。据分析，增加均热时间-温度促进了奥氏体晶粒长大，因而减少了先共析铁素体转变的异质形核点和提高了淬透性，并且增大了最终淬火组织中的马氏体含量。对于

XMnB5 钢，提高碳含量使其能够在较低的均热时间-温度条件下全部转变成马氏体；而对于 25MnB5 (X) 钢，钼、钒或镍的添加使其淬透性比 25MnB5 钢降低。

拉伸试验表明，提高 XMnB5 的碳含量增大了弹限强度和极限抗拉强度，而总延伸率基本相当。抗拉强度的提高可能主要归因于间隙固溶强化，而延伸率损失很小可能是因为淬火时马氏体自回火程度较大。38MnB5 钢的碳含量更高，使得极限抗拉强度超过了 2,000MPa。38MnB5 钢可能为防撞部件减小尺寸和减轻重量带来很大的机会。

钼、钒或镍的添加获得了比标准 22MnB5 和 25MnB5 钢更高的弹限强度和更高的极限抗拉强度，同时改善了总延伸率，如图 1 和 2 所示。添加钒能够使极限抗拉强度超过 1,600 MPa，同时总延伸率超过 11.0%。据认为，碳化钒析出对强度的提高起到了作用，而钒的添加对延伸率也有利。可以得出的结论是，碳和微合金化元素的添加能够改善汽车车身用热冲压硼钢的机械性能。

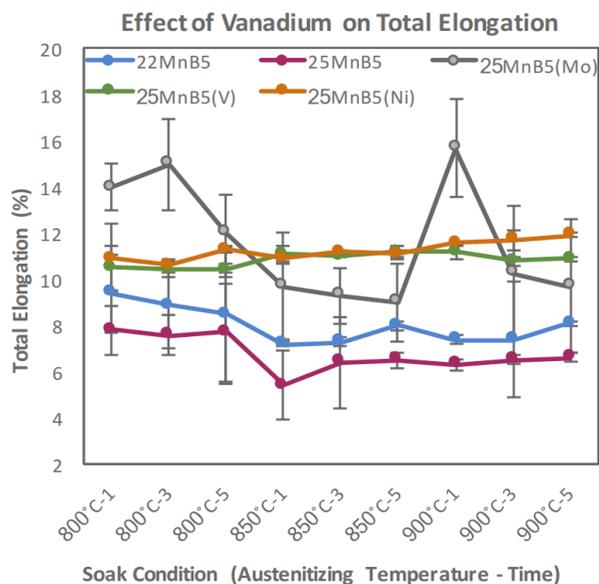


图 2 钒的添加使总延伸率比标准 22MnB5 和 25MnB5 钢得到改善

钒微合金化有利于中高碳钢的微观结构控制

近年来，对具有良好延展性和韧性的超高强度钢的需求持续增加。满足这一需求的可能方案之一是采用一种热机械处理工艺——高温形变热处理(改进的形变热处理)。这种工艺是在淬火生成马氏体之前在高于 A_{c3} 的温度下(奥氏体稳定区)进行变形加工。高温形变热处理钢的机械性能得以提高，主要是因为变形使奥氏体中产生了亚晶胞结构，并且遗传给了马氏体。为了获得高温形变热处理的效果，必须在热变形后和淬火前使奥氏体的加工硬化行为得以保持。因此，抑制再结晶对获得最佳性能相当重要。新日铁住金株式会社的 Manabu Kubota 等人最近在《材料学报》(2017 年第 58 卷 2 期, 186 - 195 页)发表了一篇论文“合金元素对高碳低合金钢中加工硬化奥氏体静态再结晶行为的影响”，

证明了在高碳弹簧钢的高温形变热处理工艺中，钒微合金化对抑制热变形后的静态再结晶非常有效。

作者系统地研究了微合金化元素(钒，铌，钛)和形变热处理条件对基本成分为 0.55%C-1.5%Si-0.7%Mn-0.7%Cr(见表 2)的 SAE9254 弹簧钢中加工硬化奥氏体的再结晶行为的影响。在一台 THERMECMASTOR-Z 热模拟试验机上进行了双道次压缩实验，以研究这些钢的再结晶行为。试样在 1,200°C、1,050°C 或 950°C 下加热 10 秒钟。第一和第二道次施加的应变量为 0.3，应变速率为 2.5 s^{-1} 。第一和第二道次之间的变形和保温温度为 900°C、850°C 或 800°C。采用光学显微镜、透射电镜(TEM)和原子探针断层分析(APT)检查钢的显微组织和析出。

表2 钢的化学成分(wt.%)

钢种	C	Si	Mn	Cr	P	S	Al	V	Ni	Ti	N
SAE9254	0.55	1.49	0.68	0.72	0.015	0.010	0.002	-	-	-	0.0050
Nb (1)	0.55	1.51	0.69	0.72	0.014	0.011	0.002	-	0.002		0.0050
Nb (2)	0.56	1.50	0.68	0.72	0.014	0.010	0.002	-	0.010		0.0048
V (1)	0.55	1.50	0.68	0.72	0.015	0.009	0.003	0.02	-	-	0.0050
V (2)	0.56	1.50	0.68	0.72	0.016	0.010	0.003	0.10	-	-	0.0048
Ti	0.56	1.49	0.68	0.73	0.015	0.009	0.003	-	-	0.035	0.0049

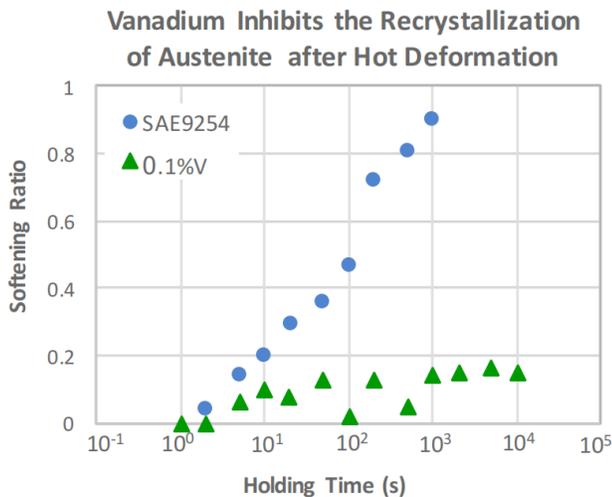


图 3 SAE9254 和 V(2)-0.1%V 钢静态软化行为的比较[1]

作者指出，添加 0.1%的钒在很大的奥氏体化温度范围内对 SAE9254 弹簧钢中加工硬化奥氏体的再结晶有明显的抑制作用，尤其是在变形和保温温度较低时。图 3 展示了添加 0.1%的钒对静态再结晶行为的影响，这是在奥氏体化温度为 1200° C，变形和保温温度为 800° C 的条件下进行双道次压缩实验获得的结果。在 800° C 下变形并保温 104 秒后，不添加钒的钢中再结晶已经完成，而在添加 0.1%钒的钢中软化率还不到 20%。TEM 和 APT 分析没有发现细小的碳化钒析出。据认为，钒和碳之间的相互作用是钒能够明显抑制再结晶的原因。起到抑制回复和再结晶作用的也许是 APT 不能清楚地发现的 C-V 化合物或极其细小的碳化钒颗粒团。

作者还指出，添加铌或钛对抑制 SAE9254 弹簧钢变形后奥氏体再结晶的作用随奥氏体化温度

降低而急剧减小。造成这一现象的原因被认为是在刚达到奥氏体化温度时铌或钛的溶质含量下降。当奥氏体化温度较低时，铌或钛主要以未溶解的粗大颗粒形式存在，所以抑制再结晶的作用很小。与之不同，即使在较低的奥氏体化温度下，只要变形和保温温度也低，添加 0.1% 钒的钢就表现出较强的再结晶抑制作用。据此得出结论，钒能够有效地抑制中高碳钢热变形后的再结晶，而铌和钛由于溶解度小而难以用在中高碳钢中。作者指出，如果使用

铌的话，必须在很高温下进行奥氏体化处理。不过，这在实际使用中不太可能，因为中高碳钢在高温下容易发生脱碳。作者预计，本研究能够推动钒在超高强度中高碳钢中的应用。

Ref. 1 Analysis of Recrystallization Behavior of Hot-deformed Austenite Reconstructed from Electron Backscattering Diffraction Orientation Maps of Lath Martensite, Manabu Kubota, Kohsaku Ushioda, Goro Miyamoto, and Tadashi Furuhashi, Scripta Materialia, vol. 112, 2016, pp. 92-95.

V(C, N)析出对高锰钢机械性能的影响

高锰(Mn)钢的抗拉强度和延伸率指标都非常好，因此引起了汽车行业的极大关注。人们已经知道，高锰钢的出色机械性能与其塑性行为包括动态应变时效和机械孪晶有密切关系。不过，高锰钢的屈服强度相对较低(尤其是同现有的先进高强钢相比)，这是限制了它们在汽车结构部件中使用的一个关键问题。因此，高锰钢的微合金化被视为通过晶粒细化和析出强化而提高其屈服强度的一个途径。最近发表的一篇论文(沉淀析出对高锰钢机械性能和相稳定性的影响，Cheoljun Bae、Rosa Kim、Un-Hae Lee 和 Jongryoul Kim, 《冶金学与材料汇刊, A 辑》，2017 年第 48 卷 9 期，第 4072 - 4079 页)指出，奥氏体基体中细化 V(C, N)的析出能够提高高锰钢的屈服强度。

研究中使用了三种高锰钢：Ref.、Ref.+V 和 Ref.+Ti，它们的化学成分列于表 3。钢坯采用真空感应熔炼法制备。这些坯料在 1,200℃ 下均质化 2 小时，然后热轧到 15 mm 厚度。轧制温度被控制在未再结晶温度以下，以生成大变形量的奥氏体晶粒。这些轧制的板料在空气中冷却到室温。对热轧板进行拉伸试验。塑性变形使奥氏体基体产生的相变采用 X 射线衍射(XRD)进行分析；钢的微观组织和沉淀析出采用扫描电镜(SEM)、透射电镜(TEM)和电子背散射衍射(EBSD)进行分析。

拉伸试验结果表明，在 Ref. 钢中添加钒使抗拉强度从 1,055 兆帕提高到 1,113.1 兆帕，屈服强度从 465.9 兆帕提高到 528.6 兆帕，而延伸率同 Ref. 钢相比没有任何明显改变(图 4)。相反，添加钛的钢(Ref.+Ti)抗拉强度、屈服强度和延伸率与 Ref. 钢相比均明显下降(图 4)。

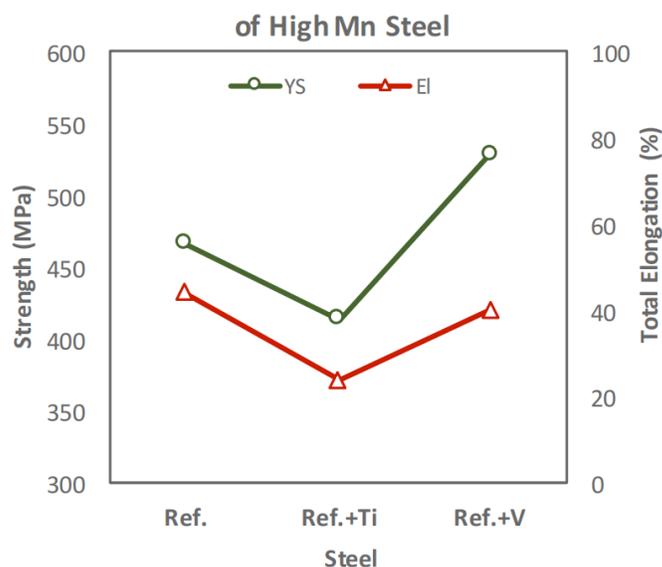


图 4 试验钢的机械性能

表3 钢的化学成分(wt.%)

钢种	C	Si	Mn	P	S	Ti	V	N
Ref.	0.4	0.1	18	<0.02	<0.01	-	-	0.015
Ref.+Ti	0.4	0.1	18	<0.02	<0.01	0.5	-	0.015
Ref.+V	0.4	0.1	18	<0.02	<0.01	-	0.5	0.015

热轧板的 SEM 分析和 EBSD 图谱表明, 这些钢中的奥氏体平均晶粒度比较接近 (Ref. : $36.92 \mu\text{m}$; Ref.+Ti: $33.27 \mu\text{m}$; Ref.+V: $34.52 \mu\text{m}$), 都比加热温度下的初始晶粒度明显减小。另外, 所有样品中都分布着大量小角度晶界。据认为, 添加微合金化元素对晶粒细化强化作用的改变可以忽略不计。TEM 分析表明, Ref.+Ti 钢中存在一些尺寸为几百纳米的粗颗粒 Ti(C, N)析出, 而 Ref.+V 钢中有许多细小 (10 nm) 的 V(C, N)析出, 它们与奥氏体基体保持立方-立方取向关系。图 5 是 Ref.+V 钢中 V(C, N)析出的 TEM 显微照片、相应的选区衍射花样和 V(C, N)与奥氏体基体之间的取向关系。作者得出结论, Ref.+V 钢的屈服强度比 Ref. 钢提高

的原因是细小的 V(C, N)的析出强化作用。不过, 添加钛的钢没有析出强化作用。

本研究还表明, 无论是否添加了钒或钛, 所有样品在拉伸试验前都是单一的奥氏体相; 而在拉伸试验后, Ref. 和 Ref.+V 钢仍然保持了单一奥氏体相, 但 Ref.+Ti 钢中发现了 ϵ -马氏体相。据认为, ϵ -马氏体相的生成是 Ref.+Ti 钢延伸率降低的原因。堆垛层错能模拟和 XRD 分析表明, 由于生成粗大 Ti(C, N)颗粒析出而对溶解碳的消耗使得 Ref.+Ti 钢在拉伸试验后生成了 ϵ -马氏体相。作者指出, 为了在不损失成形性能的前提下提高屈服强度, 必须控制高锰钢中溶解碳的含量。

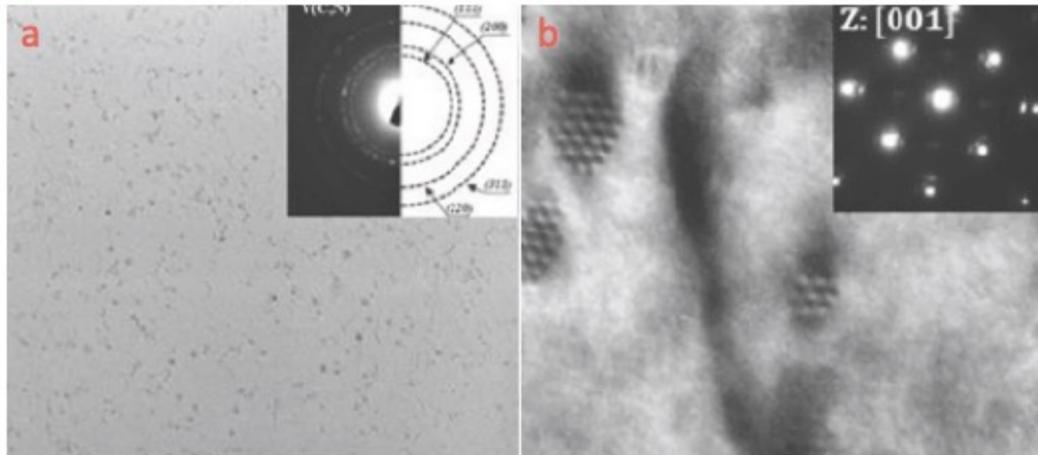


图5 TEM显微照片: (a) V(C, N)析出和V(C, N)的选区衍射花样; (b) V(C, N)与奥氏体基体之间的取向关系

2017 年钒奖候选名单

Effect of Cooling Rate on Precipitation Behavior and Micromechanical Properties of Ferrite in VN Alloyed Steel During a Simulated Thermomechanical Process, Jing Zhang, Fu-Ming Wang, Zhan-Bing Yang and Chang-Rong Li, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, no. 12, 2017, pp. 6142-6152.

Effects of Alloying Elements on Static Recrystallization Behavior of Work-Hardened Austenite of High Carbon Low Alloy Steel, Manabu Kubota, Yukiko Kobayashi, Kohsaku Ushioda and Jun Takahashi, Materials Transactions, vol. 58, no. 2, 2017, pp. 186-195.

Precipitation Effect on Mechanical Properties and Phase Stability of High Manganese Steel, Cheoljun Bae, Rosa Kim, Un-Hae Lee and Jongryoul Kim, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, no. 9, 2017, pp. 4072-4079.

Structure-properties Relationship of Ultra-fine Grained V-microalloyed Dual Phase Steels, C. P. Scott, F. Fazeli, B. Shalchi Amirkhiz, I. Pushkareva and S. Y. P. Allain, Materials Science and Engineering: A, vol. 703, 2017, pp. 293-303.

The Influence of Vanadium on Ferrite and Bainite Formation in a Medium Carbon Steel, T. Sourmail, C. Garcia-Mateo, F. G. Caballero, S. Cazottes, T. Epicier, F. Danoix and D. Milbourn, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, no. 9, 2017, pp. 3985-3996.

关于钒的近期发表的论文

A Model for Static Recrystallization with Simultaneous Precipitation and Solute Drag, Heinrich Buken and Ernst Kozeschnik, *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 48, no. 6, 2017, pp. 2812-2818.

A Phase-field Model for Interphase Precipitation in V-microalloyed Structural Steels, Alireza Rahnama, Samuel Clark, Vit Janik and Seetharaman Sridhar, *Computational Materials Science*, vol. 137, 2017, pp. 257-265.

A Phase-field Model Investigating the Role of Elastic Strain Energy during the Growth of Closely Spaced Neighbouring Interphase Precipitates, Alireza Rahnama, Samuel Clark, Vit Janik and Seetharaman Sridhar, *Computational Materials Science*, vol. 142, 2018, pp. 437-443.

Application of V-N Microalloying in Ultra-high Strength Martensitic Sheet Steels for Hot-dip Galvanising, David Martin and Bevis Hutchinson, *MS&T 2017 Conference & Exhibition*, 8–12 October 2017, Pittsburgh, PA, USA.

Effect of Vanadium on Dynamic Continuous Cooling Transformation Behavior of Medium-carbon Forging Steels, Wei-jun Hui, Na Xiao, Xiao-li Zhao, Yong-jian Zhang and Yu-feng Wu, *Journal of Iron and Steel Research, International*, vol. 24, no. 6, 2017, pp. 641-648.

Effect of Carbon and Microalloy Additions on Hot Stamped Boron Steel, T. Taylor, G. Fourlaris and A. Clough, *Materials Science and Technology*, vol. 33, no. 16, 2017, pp. 1964-1977.

Effect of Carbon Content on Static Recrystallization Behavior of Work-Hardened Austenite in Low Alloy Steel and Its Mechanism, Manabu Kubota, Yukiko Kobayashi, Kohsaku Ushioda and Jun Takahashi, *Materials Transactions*, vol. 58, no. 2, 2017, pp. 196-205.

Effect of Composition and Isothermal Holding Temperature on the Precipitation Hardening in Vanadium-microalloyed Steels, Anish Karmakar, Subrata Mukherjee, Saurabh Kundu, Dinesh Srivastava, Rahul Mitra and Debalay Chakrabarti, *Materials Characterization*, vol. 132, 2017, pp. 31-40.

Effect of Cooling Rate on Precipitation Behavior and Micromechanical Properties of Ferrite in V-N Alloyed Steel During a Simulated Thermomechanical Process, Jing Zhang, Fu-Ming Wang, Zhan-Bing Yang and Chang-Rong Li, *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 48, no. 12, 2017, pp. 6142-6152.

Effect of Microstructure on Mechanical Properties of a Novel High-Mn TWIP Stainless Steel Bearing Vanadium, Atef Hamada and Jukka Kömi, *Materials Science and Engineering A*, Feb. 2018.

Effects of Alloying Elements on Static Recrystallization Behavior of Work-Hardened Austenite of High Carbon Low Alloy Steel, Manabu Kubota, Yukiko Kobayashi, Kohsaku Ushioda and Jun Takahashi, *Materials Transactions*, vol. 58, no. 2, 2017, pp. 186-195.

Effects of Composition, Starting Microstructure, and Tempering Conditions on the Changes in Core Properties after a Simulated Nitride Thermal Cycle, Jonah Klemm-Toole, Robert Cryderman, Kip O. Findley and Michael E. Burnett, *ASM Heat Treating Society 29th Annual Conference and Exhibition*, 24-26 October 2017, Columbus, OH, USA.

Effects of Roughing on Finish Rolling Simulations in Microalloyed Strip Steels, S. A. J. Chalimba, R. J. Mostert, Waldo E. Stumpf, Charles Witness Siyasiya and K. M. Banks, *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 26, no. 11, 2017, pp. 5294-5303.

Evolution of Microstructures and Mechanical Properties during Solution Treatment of a Ti-V-Mo-containing High-manganese Cryogenic Steel, Xiaojiang Wang, Xinjun Sun, Cheng Song, Huan Chen, Shuai Tong, Wei Han and Feng Pan, *Materials Characterization*, vol. 135, 2018, pp. 287-294.

High Dislocation Density-induced Large Ductility in Deformed and Partitioned Steels, B. B. He, Bo Hu, H. W. Yen, G. J. Cheng, Z. K. Wang, H. W. Luo and M. X. Huang, *Science*, vol. 357, no. 6355, 2017, pp. 1029-1032.

Hydrogen Diffusion and Trapping in V-microalloyed Mooring Chain Steels, Xiaobing Cheng, Xiaoying Cheng, Chaowei Jiang, Xiaoyan Zhang and Qunfeng Wen, *Materials Letters*, vol. 213, 2018, pp. 118-121.

Influence of Carbide Modifications on the Mechanical Properties of Ultra-High-Strength Stainless Steels, Joo-Young Seo, Soo-Keun Park, Hoon Kwon and Ki-Sub Cho, *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 48, no. 10, 2017, pp. 4477-4485.

Influence of Test Method and Microalloy Additions on Measured Austenite Grain Size of Heat Treated SAE 1045 Steel, Robert Cryderman, Dane Hyer-Petersen and Robert Glodowski, ASM Heat Treating Society 29th Annual Conference and Exhibition, 24-26 October 2017, Columbus, OH, USA.

Investigating Nano-precipitation in a V-containing HSLA steel Using Small Angle Neutron Scattering, Y. Q. Wang, S. J. Clark, V. Janik, R. K. Heenan, D. Alba Venero, K. Yan, D. G. McCartney, S. Sridhar and P. D. Lee, Acta Materialia, vol. 145, 2018, pp. 84-96.

Kinetics and Microstructural Change of Low-carbon Bainite due to Vanadium Microalloying, Fateh Fazeli, Babak Shalchi Amirkhiz, Colin Scott, Muhammad Arafin and Laurie Collins, Materials Science and Engineering A, Feb. 2018

Microstructural Analysis of Ductility and Fracture in Fine-grained and Ultrafine-grained Vanadium-added DP1300 Steels, Javad Samei, Linfeng Zhou, Jidong Kang and David S. Wilkinson, International Journal of Plasticity, Jan. 2018.

Microstructural Characterization of a Vanadium Microalloyed High Carbon Wire Steel, S. L. Kaster and E. De Moor, Interwire 2017, 9 May 2017, Atlanta, Georgia, USA.

Modeling of Work Hardening During Hot Rolling of Vanadium and Niobium Microalloyed Steels in the Low Temperature Austenite Region, Stephen Akonda Chalimba, Roelf Mostert, Waldo Stumpf, Charles Siyasiya and Kevin Banks, Journal of Materials Engineering and Performance, vol. 26, no. 11, 2017, pp. 5217-5227.

Precipitation Effect on Mechanical Properties and Phase Stability of High Manganese Steel, Cheoljun Bae, Rosa Kim, Un-Hae Lee and Jongryoul Kim, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, no. 9, 2017, pp. 4072-4079.

Quality Assessment and Suggestion of Standard Revision for High Strength Rebars in China, Caifu Yang, Xuehui Chen and Ruizhen Wang, Iron & Steel, vol. 52, no. 10, 2017, pp. 96-105.

Structure-properties Relationship of Ultra-fine Grained V-microalloyed Dual Phase Steels, C. P. Scott, F. Fazeli, B. Shalchi Amirkhiz, I. Pushkareva and S. Y. P. Allain, Materials Science and Engineering A, vol. 703, 2017, pp. 293-303.

The Influence of Vanadium on Ferrite and Bainite Formation in a Medium Carbon Steel, T. Sourmail, C. Garcia-Mateo, F. G. Caballero, S. Cazottes, T. Epicier, F. Danoix and D. Milbourn, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, no. 9, 2017, pp. 3985-3996.

Theoretical and Experimental Nucleation and Growth of Precipitates in a Medium Carbon-Vanadium Steel, Sebastián F. Medina, Inigo Ruiz-Bustanza, José Robla and Jessica Calvo, Metals, vol. 7, no. 2, 2017: 45.

Thermodynamic Properties of Vanadium, J. W. Arblaster, Journal of Phase Equilibria and Diffusion, vol. 38, no. 1, 2017, pp. 51-64.

近期会议日程

日期 & 地点	国际钒技术委员会会议
2018年4月9-12日 巴西, 圣保罗	第94届国际钒技术委员会会议
2018年10月9-10日 英国, 伦敦	第95届国际钒技术委员会会议
日期 & 地点	钢铁相关会议
2018年4月25-27日 中国, 武汉	2018年薄板坯连铸连轧国际研讨会 2018 International Symposium on Thin Slab Casting and Direct Rolling

2018年5月7-10日 美国, 费城	2018年钢铁技术会议与展览 The Iron & Steel Technology Conference and Exposition (AISTech2018)
2018年6月3-6日 美国, 奥兰多	第二届钢板最新进展国际研讨会 2nd International Symposium on The Recent Developments in Plate Steels
2018年6月24-29日 克罗地亚, ŠIBENIK	第13届克罗地亚冶金学会材料与冶金国际研讨会。 13th International Symposium of Croatian Metallurgical Society Materials and Metallurgy (SHMD)
2018年7月8-13日 法国, 巴黎	THERMEC'2018
2018年8月29-31日 印度, 新德里	2018年矿物、金属、冶金和材料会议 Minerals, Metals, Metallurgy & Materials (MMMM 2018)
2018年10月14-18日 美国, 哥伦布	2018年材料科学与技术会议 Materials Science & Technology (MS&T) 2018
2018年10月16-19日 瑞典, 斯德哥尔摩	第三届国际钢锭铸造、轧制和锻造国际会议 3 rd International Conference on Ingot Casting, Rolling and Forging (ICRF 2018)
日期 & 地点	储能相关会议
2018年2月27-28日 英国, 伦敦	储能峰会 Energy Storage Summit
2018年3月13-15日 德国, 杜塞尔多夫	欧洲储能峰会 Energy Storage Europe
2018年3月15日 英国, Telford	英国电池技术博览会 Battery Tech Expo UK
2018年3月27-29日 中国, 北京	2018年中国储能峰会 Energy Storage China (ESC) 2018
2018年4月2-4日 中国, 北京	第七届储能国际会议暨博览会。 7th Energy Storage International Conference and Expo
2018年4月11-12日 德国, 柏林	2018年欧洲储能创新会议 Energy Storage Innovations Europe 2018
2018年5月24日 澳大利亚, 阿德莱德	澳大利亚储能会议和展览 Australian Energy Storage Conference and Exhibition
2018年6月20-22日 德国, 慕尼黑	ees Europe 2018

2018年7月10-12日 瑞士, 洛桑	国际液流电池论坛(IFBF2018) The International Flow Battery Forum (IFBF2018)
日期 & 地点	贸易会议
2018年2月25-28日 南非, 开普敦	第五届国际铁合金大会 5th International Ferro-Alloys Congress (Infacon XV)
2018年2月27日-3月2日 英国, 伦敦	Argus Metal Week 2018
2018年3月13-15日 中国, 乐山	2018年中国(乐山)钒产业峰会 2018 China (Leshan) Vanadium Industry Summit Forum
2018年3月20-22日 中国, 香港	第19届亚洲铁合金会议 19th Asian Ferroalloys Conference
2018年4月18-20日 中国, 武汉	2018年铁合金在线钒产品峰会 2018 FerroAlloyNet Vanadium Products Summit
2018年6月6-7日 德国, 杜塞尔多夫	7th CRU Ryan's Notes Ferroalloys Europe
2018年10月21-23日 美国, 奥兰多	CRU Ryan's Notes Ferroalloys Conference 2018

国际钒技术委员会会员

AMG Vanadium, Inc. 60790 Southgate Road Cambridge, OH 43725 USA Tel.: +1 740 435 4600 E-mail: vanadium@amg-v.com Website: www.amg-v.com	Atlantic Vanadium Pty Ltd Level 24, Allendale Square 77 St Georges Terrace Perth, WA, 6000 Australia Tel: +61 8 6141 7100 Email: info@atlantictld.com.au Website: http://atlantictld.com.au	Australian Vanadium 129 Edward Street Perth WA 6000 Australia Tel.: +61 8 9228 3333 E-mail: info@australianvanadium.com.au Website: www.australianvanadium.com.au
Bear Metallurgical Company 679 East Butler Road Butler, PA 16002-9127 USA Tel.: +1 724 431 2800 E-mail: info@eramet-bear.com Website: www.bearmet.com	北京中凯宏德科技有限公司 Tongfang Technology Square No.1 Wangzhuang Road, Haidian District, Beijing, 100083 China Tel.: +86 10 83185988	BlackRock Metals 1080 Beaver Hall Hill Suite 1606 Montreal Quebec H2Z 1S8 Canada Tel.: +1 514 316-7281 www.blackrockmetals.com

Bushveld Minerals Limited Main Mothotlung Road 0250 Brits North West South Africa Tel.: +27 21 318320 E-mail: info@bushveldminerals.com Website: www.bushveldminerals.com	承德钢铁集团有限公司 No.1 Office Building General Manager Office Shuang Luan District, Chengde City China Tel.: +86 314 4378909 E-mail: cg@cdsteel.cn Website: www.cdsteel.com.cn	承德建龙特殊钢有限公司 Xinglong County Chengde City Hebei, 067201 China Tel.: +86 314 5316566 E-mail: bfr00@163.com Website: www.ejianlong.com
中国钢研科技集团有限公司 No.76 Xueyuan Nanlu Haidian, Beijing 100081 China Tel.: +86 10 62182761 Website: www.cisri.com	德胜集团 No. 8, Tonghe Road Shawan District Leshan Sichuan China Tel: +86 0833 3480171 E-mail: 247222584@qq.com Website: www.deshenggrp.com	Duferco S. A. Via Bagutti, 9 6900 Lugano Switzerland Tel.: + 41 91 822 56 00 E-mail: info@duferco.com Website: www.duferco.com
EVRAZ NTMK 1, Metallurgov Street Nizhniy Tagil, Sverdlovskaya oblast 622025 Russia Tel.: +7 3435 497270 E-mail: post@ntmk.ru Website: www.ntmk.ru	Evraz Vanady Tula 1, Przhevalskogo Street Tula, 300016 Russia Tel.: +7 4872 466 900 E-mail: info@vanady.com Website: www.vanady.com	Gildemeister Energy Storage GmbH Carl-Zeiss-Str. 4 97076 Wuerzburg Germany Tel.: +49 (0) 931-25064-250 Website: www.energy.gildemeister.com
Glencore plc P. O. Box 3620 Brits, 0230 South Africa Tel.: +27 12 3180700 Website: www.glencore.com	Ferrovan Oy Asemakatu 37 F1-90100 Oulu Finland Tel.: +358 8 370 090 Email: info@ferrovan.com www.ferrovan.com	Largo Resources Ltd. 55 University Ave., Suite 1101 Toronto, Ontario, M5J 2H7 Canada Tel.: +1 416 861 9797 E-mail: info@largoresources.com Website: www.largoresources.com
New Zealand Steel Ltd. Mission Bush Road Private Bag 92121 Auckland 1142 New Zealand Tel.: +64 9 375 8999 Fax: +64 9 375 8213 Website: www.nzsteel.co.nz	攀钢集团有限公司 Xiangyang Village East District, Panzhihua, Sichuan 617067 China Tel.: +86 10 5969 5097 Website: www.pzhsteel.com.cn	PVH Storage c/ Sepúlveda, 17, Bajo 1 – 2 28108 Alcobendas Madrid Spain Tel.: +34 91 831 0013 Email: contact@pvhardware.es Website: www.pvhardware.com
Queensland Energy & Minerals Pty Ltd. Level 19, 10 Eagle Street Brisbane Queensland 4000 Australia Tel.: +61 7 3303 0161 Website: www.qldem.com.au	Treibacher Industrie AG Auer-von-Welsbach-Straße 1 9330 Althofen Austria Tel.: +43 42 62 5050 E-mail: treibacher@treibacher.com Website: www.treibacher.com	U308 Corp 401 Bay Street, Suite 2702 Toronto, ON M5H 2Y4 Canada Tel.: +1 416 868-1491 Website: www.u3o8corp.com