فصلنامه
مهندسی مکانیک و ارتعاشات
jvibme.semnaniau.ac.ir

مدلسازی و مطالعه اثر هندسه قطعه و اندازه دانه بندی درعملیات حرارتی فولاد 1050 به کمک نرم افزارAC3

مهدی رفیعی [1و2]

2- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
3- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: 20 فروردین 1400
پذیرش: 28 مرداد 1400
ارائه در سایت: 13آبان 1400

کلید واژگان

عملیات حرارتی
اندازه دانه بندی
فولاد 1050
هندسه قطعه کار

چکیده

در این مقاله تاثیر هندسه قطعه و اندازه دانه بندی ریزساختار در عملیات حرارتی فولاد 1050 مورد بررسی قرار گرفته است بدین منظور دو نمونه قطعه کار با مقطع گرد (استوانه ای) و مربعی (تخت) برای شبیه سازی با نرم افزار AC3 در نظر گرفته شد و تاثیر هر کدام بر روی رشد اندازه دانه ها در محیط های خنک کننده مختلف مورد بررسی قرار گرفت همچنین بررسی سختی در سطح و عمق برای هر دو حالت ارزیابی گردید. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد که نرم افزار بکارگرفته شده قابلیت مناسبی برای پیش بینی سختی در سطح و عمق، اندازه دانه بندی و رفتار منحنی های CCT و سرد شدن در عملیات حرارتی فولاد 1050 دارد و این شیوه می تواند در مقیاس کارگاهی و در کاربردهای صنعتی به کار گرفته شود.

Modeling and studying of the effect of part geometry and grain size in heat treatment of 1050 steel using AC3 software

Mehdi Rafiei

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
2- Energy and Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

Article Information

Original Research Paper
Received 9 April 2021
Accepted 19 August 2021
Available Online 4 November 2021

Keywords
Heat treatment
Grain size
Steel 1050
work piece geometry

ABSTRACT

In this article, the effect of the work piece geometry and microstructure grain size on the heat treatment of 1050 steel has been investigated. For this purpose, two samples of work pieces with round (cylindrical) and square (flat) sections were considered for simulation with AC3 software. The effect of each of them was investigated on the growth of grain size in different cooling environments. Also, the hardness at the surface and depth was evaluated for both conditions. The results of the simulation show that the used software has a suitable ability to predict surface and depth hardness, grain size and the behavior of CCT parameters and cooling curves in the heat treatment of 1050 steel and this method can be used on a workshop scale and to be used in industrial applications.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید: Please cite this article using:

Mehdi Rafiei, Modeling and studying of the effect of part geometry and grain size in heat treatment of 1050 steel using AC3 software2022, *Journal of Mechanical Engineering and Vibration* Vol. 12, No. 3, pp. 63-68, 2021 (In Persian)

1- مقدمه

دانه بندی و اندازه دانه های ریز ساختار در بررسی خواص مکانیکی فلزات و قابلیت های آن مثل تغییر شکل پذیری، قابلیت سختی پذیری از اهمیت زیادی برخوردار می باشد چرا که اندازه دانه ها رابطه ای مستقیم با قابلیت سختی پذیری فولاد ها دارد و با تغییر اندازه دانه ها با استفاده از عملیات حرارتی مناسب می توان به خواص مکانیکی مورد قبول و بهینه در کاربردهای مختلف دست یافت و همین طور در هنگام کوئنچ کردن فولادهای مختلف جهت رسیدن به مقدار سختی مشخص، رابطه ایی بین اندازه دانه بندی و نتیجه حاصل برای سختی وجود دارد و می توان با علم به این مسئله به نتایج مورد نیاز برای سختی با استفاده از عملیات حرارتی رسید[1].

از طرف دیگر شکل هندسی قطعه نیز در مقدار سختی به ویژه در عمق قطعه کار موثر می باشد و تاثیر شکل هندسی قطعه در هنگام عملیات حرارتی دو قطعه با ابعاد متفاوت، مقدار سختی آنها در عمق های مختلف آشکارتر می گردد. تحقیق های مختلفی در این باره انجام شده و با توجه به اینکه همه نتایج باید از مسیر تجربه به سر انجام می رسد لذا همه ابزارهایی که به نوعی در بررسی این مورد سهیم می باشند باید نتیجه همه تلاشها در اعمال نتایج مختلف تجربه ها باشد.

در این مقاله نیز تاثیر شکل هندسی قطعه و اندازه دانه ها بر روی دیاگرام CCT در فولاد1050 بررسی شده و نمودارهای آن با استفاده از نرم افزار AC3 [6,7] مدلسازی و مورد مطالعه و مقایسه قرار خواهد گرفت. این شیوه مطالعه در تحقیقات دیگری هم بکار گرفته شده است [3-5].

فولاد 1050 طبق استاندارد آمریکایی SAE و AISI با 4 رقم نشان داده می شود. که در آن رقم اول (1) نشانگر گروه فولاد می باشد و رقم دوم (0) معمولا اطلاعات اضافی در باره فولاد در اختیار ما قرار می دهد. برای فولاد 1050، عدد 1 نشانگر گروه فولاد کربنی ساده می باشد و عدد 0 نشانگر این است که فولاد مذکور فولاد زیمنس-مارتین می باشد.

مشخصات عمومی فولاد AISI 1050 -که در کلید فولاد استاندارد DIN ، با شماره 1,0540 مشخص شده است بصورت ذیل می باشد .

Heat-treatable steels: 1050

Range of application: Automobile- and motor construction, mechanical engineering
Material Number: 1.0540
Steel group: Quality steel
Symbol: C 5

این فولاد ها، در زمره فولادهای قابل عملیات حرارتی، برای قطعات مربوط به موتورها و اتومبیل ها و به طور کلی برای اجزاء ماشین های مختلف در مهندسی مکانیک و سازه ها قرار می گیرد و در بازار معمولاً بصورت ورق ، شمش، مفتول و لوله عرضه می شود [8-10].

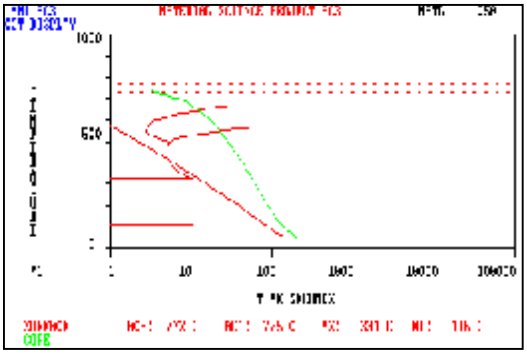
2- مطالعه اثر هندسه قطعه در عملیات حرارتی فولاد 1050

از نظر هندسی هر قطعه ایی که عملیات حرارتی روی آن انجام می شود را با یک تقریب می توان بصورت تخت (Flat) یا استوانه (Round) در نظر گرفت. برای نمایش اثر هندسه در عملیات حرارتی، منحنی سرد شدن و سختی، سه نمونه به اندازه های مقطع 20 و 50 و 80 میلی متر مربع در دو شکل هندسی (گرد و تخت) مورد مطالعه قرار می گیرد. مطابق نتایج شبیه سازی ، شکل هندسی تاثیر چندانی روی CCT دیاگرام ندارد (شکل 1) اما به علت تغییر شکل هندسی و به دنبال آن ورود مباحث انتقال حرارت به سیستم، منحنی های سرد شدن قطعه (Cooling curves) تغییر یافته است (شکل 2). منحنی های CCT و سرد شدن در اندازه 80 در دو حالت بررسی (شکل های 1 و 2) می شود و نتایج سایر سایز ها در جدول 1 ارائه شده است. لازم به ذکر است که نوع عملیات حرارتی کوئنچ استاندارد می باشد. با توجه به جدول 1 با افزایش اندازه نمونه ها سختی سطح در هر دو حالت در سطح تقریبا برابر می باشد و علت این است که شکل قطعه در سرد شدن سطح تاثیر چندانی ندارد. از سوی دیگر سختی در عمق در دو حالت گرد و تخت برای نمونه های 50 و 80 بصورت قابل ملاحظه ایی کاهش یافته است. دلیل آن این است که با افزایش سایز، ساختار در عمق، فریتی- پرلیتی شده است این درحالی است که سطح قطعه مارتنزیتی با درصد بالا می باشد. در اندازه های بالاتر ماکزیمم و مینیمم سختی به ترتیب روی 60 و 18 RC ثابت می ماند.

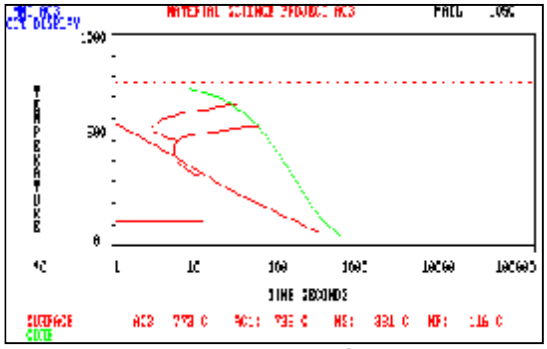
همچنین قطعات گرد به علت یکنواختی سطح و توزیع و انتقال راحت تر و سریع تر دما، سختی بیشتری در عمق به خود می گیرند. اما در سایزهای بالاتر سختی در عمق به اندازه مشابهی می رسد[2].

جدول 1 نتایج حاصل از شبیه سازی برای سختی (RC) در عمق و سطح برای سه نمونه مورد مطالعه (20 ، 50 و 80 میلی متر مربع)
%M: درصد مارتنزیت، %B: در صد باینیت، %P: درصد پرلیت

F/R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
SIZE	سطح	سطح	عمق	عمق	%M	%M	%B	%B	%P	%P
20	60.7	60.8	49	57.7	65	94	14	-	20	6
50	60.2	60.2	18.7	38.6	17	42	13	21	70	37
80	60.2	60.2	18.2	18.8	11	19	4	11	81	70

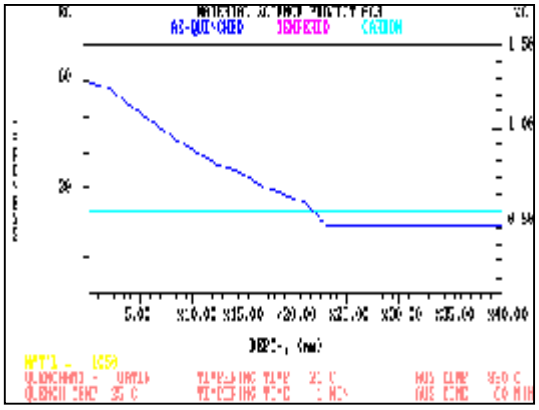


CCT, size = 80 Round

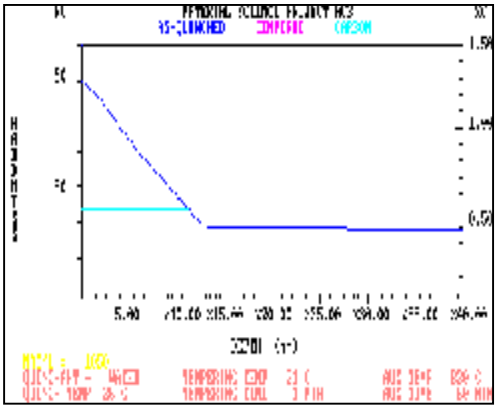


CCT, size = 80 Flat

شکل 1 نمودار CCT و منحنی های سرد شدن (cooling curves) برای نمونه 80 میلی متر مربعی در دو حالت گرد و مربعی



size = 80 Round



size = 80 Flat

شکل 2 منحنی های سختی (RC) برای نمونه 80 میلی متر مربعی در دو حالت گرد و مربعی

بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی ها برای منحنی های CCT و Cooling curve موارد زیر را نشان می دهد:

1- CCT در حالت تخت و گرد بدون تغییر است.

2- منحنی های سرد شدن در سطح در هر دو حالت دارای شیب تقریبا برابری می باشند و سختی در سطح نزدیک هم است.

3- منحنی های سرد شدن در مغز در حالت گرد با شیب تندتری به پایین آمده است و به همین علت سختی در مغز در قطعه گرد نسبت به تخت بیشتر است.

4- از مقایسه نمودارهای سختی متوجه می شویم که نفوذ سختی در قطعه گرد بیشتر و شیب آن از ماکزیمم به مینیمم مقدار در قطعه تخت بیشتر است. که علت آن احتمالاً به اثرات انتقال حرارت متفاوت در دو شکل هندسی مرتبط است.

3 - مطالعه اثر اندازه دانه درعملیات حرارتی فولاد 1050

شکل 3 و 4 نمودار های منحنی های CCT و منحنی سختی فولاد 1050 با دمای آستنیت 830 درجه به مدت 60 دقیقه و کوئنچ شده در آب را نشان می دهد. نمودار سختی ها برای شبیه سازی یک قطعه گرد به قطر 20 میلی متر مربع انجام نشان می دهد که اندازه دانه بندی تاثیری چندانی در سختی قطعه فوق ندارد. اما با این حال، در شرایط عملیات حرارتی مذکور و کوئنچ در روغن، با افزایش اندازه دانه و سختی مواجه هستیم. جدول 2 نتایج شبیه سازی قطعه 20 میلی متر مربع برای دو حالت (کوئنچ در آب و روغن) را نشان می دهد.

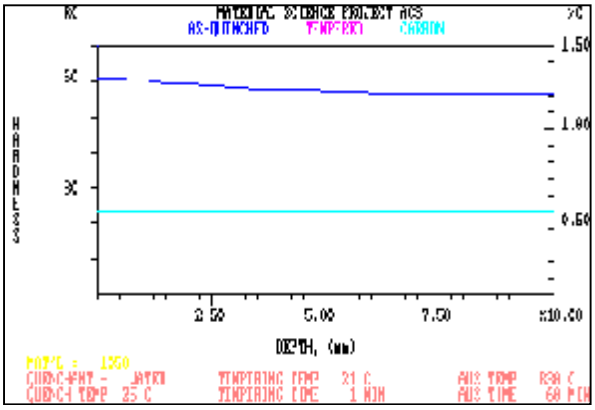
مطابق خروجی شبیه سازی ها اندازه دانه در منحنی های سرد شدن بی اثر است.

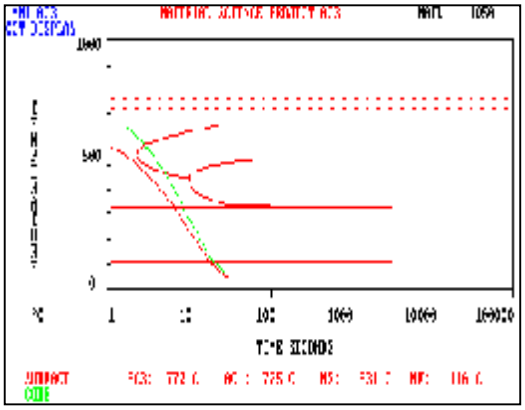
اما در مورد منحنی های CCT تاثیر اندازه دانه ها متفاوت است و هر چه اندازه دانه بندی بزرگتر باشد زمان بیشتری برای شروع تحول فازی لازم است و نمودار CCT به سمت راست حرکت می کند. به عبارت دیگر با افزایش اندازه دانه مدت زمان بیشتری در حالت آستنیت باقی می ماند و اندازه دانه ها رشد می کند و بعد از طی مدتی وارد تحول فازی (p-start) می شود.

همچنین با توجه به نمودار های AC3 که برای شبیه سازی عملیات حرارتی فولاد 1050 با دمای آستنیت 830 درجه و کوئنچ در آب برای قطعه 20 میلی متر مربعی انجام شده است موارد زیر هم قابل توجه است:

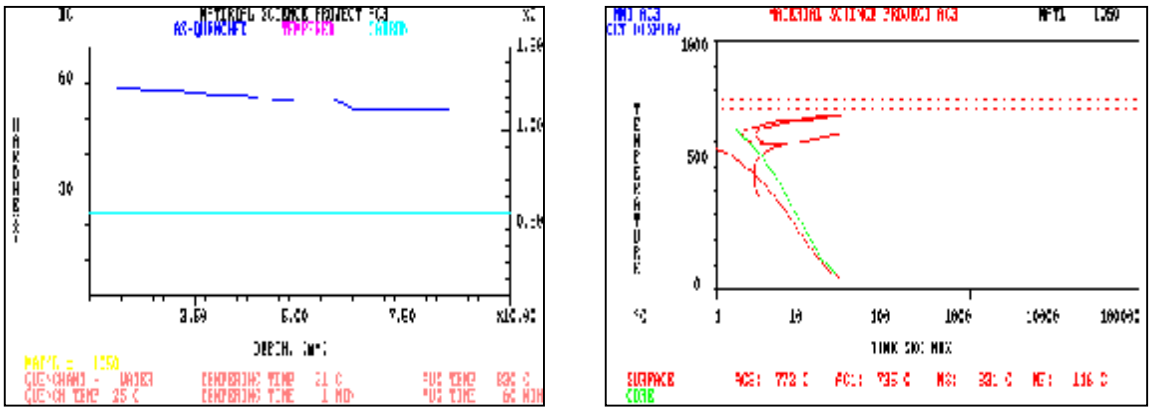
1- با افزایش اندازه دانه نوک دماغه به راست کشیده شده است.

2- با افزایش انداره دانه بندی (کاهش عدد G) زمان تحول یعنی فاصله بین P-start و P-finish افزایش یافته است.





شکل 3 منحنی CCT و سختی سطح و عمق برای عملیات حرارتی فولاد با اندازه دانه 7



شکل 4 منحنی CCT و سختی سطح و عمق برای عملیات حرارتی فولاد با اندازه دانه 10

جدول2 حاصل نتایج از شبیه سازی برای تغییرات اندازه دانه در حالت کوئنچ در آب و روغن
M%: درصد مارتنزیت، B%: در صد باینیت، P%: درصد پرلیت

G/S	سختی سطح (آب)	سختی عمق (آب)	نوک دماغه (آب)	سختی سطح (روغن)	سختی عمق (روغن)	نوک دماغه (روغن)
7	60.8	57.7	5	35.1	32.4	5
10	59	52.1	3.5	27.5	24.9	3.5

4- نتیجه گیری

در این مقاله تاثیر شکل هندسی و همچنین دانه بندی ریزساختار نمونه ها در فولاد1050 بررسی و مطالعه گردید و نتایج حاصل از شبیه سازی به کمک نرم افزار نشان ارائه شد. نتایج حاصل از این شبیه سازی نشان داد که اولا شکل هندسی قطعه بر روی نمودار CCT بی تاثیر می باشد. اما بر روی منحنی سختی تاثیر می گذارد و همچنین اندازه دانه ها بر روی هر دو دیاگرام تاثیرگذار می باشند و همچنین دقت نمودارها و نتایج بدست آمده در مقایسه با نتایج کارگاهی و کاربردی در حد خوب و قابل قبول می باشند.

مطابق خروجی شبیه سازی ها اندازه دانه در منحنی های سرد شدن بی اثر است. اما در مورد منحنی های CCT تاثیر اندازه دانه ها متفاوت است و هر چه اندازه دانه بندی بزرگتر باشد زمان بیشتری برای شروع تحول فازی لازم است و نمودار CCT به سمت راست حرکت می کند. به عبارت دیگر با افزایش اندازه دانه مدت زمان بیشتری در حالت آستنیت باقی می ماند و اندازه دانه ها رشد می کند و بعد از طی مدتی وارد تحول فازی (p-start) می شود.

5- مراجع

[1] P.R.woodard, S .chandrasekar, H.T.Y.Yang, "Analaysis of temperature and microstructure in the quenching of steel cylinders",Metallurgical and materials transactions, Vol. B ,No.815 ,1992.

[2] M.Sedighi, C.A.Mc.nahon, "the influence of quenchant agitation on the heat transfer coefficient and residual stress development in the quenching of steels", journal of engineering manufacture, vol. part B,No.214, 2000, pp. 555-567

[3] B.Aksel, "A study of quenching: experiment and modeling" , J.Eng. industry ASME ,Vol.3,No114, 1992, PP. 309-316.

[4] J.Mackerle, "Finite element analysis and modeling of quenching and other heat treatment process A bibliography (1976-2001)", journal of computational material science, vol,No.27, 2003, pp. 313-332.

[5] M.Sedighi ,M.Salek. , "modeling and experimental study of quenching process for AISI 4340 aeronutrical steel under different cooling condition". Iran university of science and technology. Tehran. Iran

[6] AC3 Heat treatment software operating manual, Marathon monitors inc . ohio (1994)

[7] Simulation and study of the effect of variation in carbon and manganese elements on steel 1050 heat treatment (quenching) using AC3 software, Vol. 11, No. 4, pp. 32-36, 2021-2022 (In Persian).

[8] J.R. Davis, Metals handbook: ASM international, 1990, PP 197-199

[9] E.Boyer Howard,"experimental heat treatment", 1979.

[10] E. Bates, "Handbook of quenchants and quenching technology", ASM international ,1993, p.70.