میکروگرافی ریل راه آهن ــ تهران ــ شاهرود

نوشته . دکتر علی آذریان

استادیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

۱ ــ پیشگفتار

از نظر ساختمان متالورژیکی ریل راه آهن تهران ــ شاهرودرا موردمطالعه قرار دادیم از آنجائیکه خواص‌مکانیکی و متالورژیکی این ریل طبعا به ساختمان آلیاژی و ترکیبات موجود وشکل آنها از نقطه نظر انحلال یا رسوب بستگی دارد لذااین مطالعه در کادر مطالعه‌بسیارو سیعتری قرار میگرفت که هدف تعیین خواص مکانیکی این ریل بود و احیانا جواب به این سئوال که آیا ریل راه آهن تهران ــ مشهد میتواند معبر توربوترن باشد یا نه ؟ در اینجا لازم به تذکراست که توربوترن باسرعت زیادریلها راتحت تاثیرنیروهای مکانیکی متفاوتی نسبت به قطارهای عادی قرارمیدهد و از نقطه‌نظر ایمنی لازم‌است که اینگونه ریل هامتناسب بانیروهای مکانیکی وارد تقویت شوند وبدین منظور شناسائی ساختمان آلیاژی وترکیب آلیاژ و عملیات انجام شده برروی آن موثر بوده وبررسی این موارد میتواند در مورد کار برد ریل بطور قاطع اثر داشته باشد و بهمین جهت خواص مکانیکی وهم ساختمان میکرسکپی ریل مورد بررسی قرار گرفت . قسمت مسیر شاهرود ــ مشهد ازریل مطمئن تری تشکیل شده است که اصطلاحا در راه آهن ایران به آن ریل سنگین میگویند [۱] ــ این ریل در سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۵۶ در این مسیر نصب گردیده و از خواص مکانیکی خوبی برخوردار است ولی متاسفانه ریل مسیر تهران تا شاهرود بعلت قدمت وکیفیت پائین ریل هانه تنها از خواص مکانیکی خوبی برخوردار نیست [۲] بلکه دارای معایب سطحی‌بسیارزیادی نیزمیباشدکه برای نمونه درشکل شماره یک وضع سطحی ریل راه آهن‌درنزدیکی ایستگاه سمنان نشان داده شده است ۳ ــ با در نظر گرفتن فرسایش ریل ووجود معایب مختلف در ریل این مسیرلازم دانسته شد تا یک مطالعه متالوگرافی درابتداء امر برروی آلیاژ ریل انجام شود تا نتایج حاصل راهنمائی برای مطالعه خواص مکانیکی‌آن باشد .

۲ ــ تجزیه شیمیائی ریل راه آهن تهران ــ شاهرود

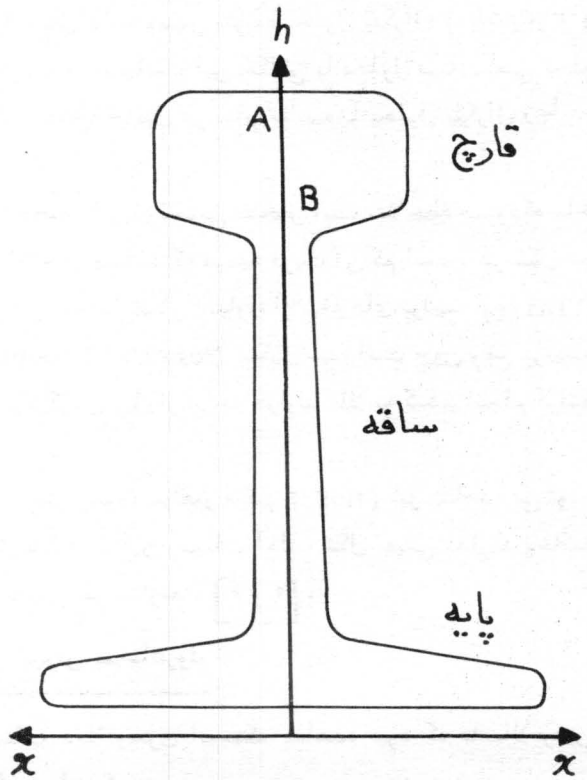
درابتدا امر ریل راه آهن تهران ــ شاهرود را تجزیه شیمیائی نمودیم تا درصد عناصر مهم سازنده آن روشن گردد [۴] نتایج این سری آزمایشات در جدول دو بصورت زیر منعکس است .

جدول (۲) ترکیب شیمیائی ریل راه آهن تهران ــ شاهرود

نام عنصر	کربن (C)	منگنز (Mn)	گوگرد (S)	فسفر (P)	سیلیسیم (Si)
درصدعنصر در ریل راه آهن تهران شاهرود	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵

بامشاهده جدول فوق وجدول شماره سه که نشاندهنده درصدعناصر مهم تشکیل دهنده برای دو نوع ریل راه آهن‌موجود و بکار رفته در کشور فرانسه است [۵] ــ بلافاصله نتیجه میگیریم که درصد عنصر منگنز وسیلیسیم درریل راه آهن تهران ــ شاهرود کم است .

شکل ۱ ــ معایب ریل راه آهن در نزدیکی ایستگاه سمنان



شکل ۲ ــ مقطع ریل راه آهن

جدول (۳) ترکیب شیمیائی ریل راه آهن در فرانسه

نام عنصر	کربن (C)	منگنز (Mn)	گوگرد (S)	فسفر (P)	سیلیسیم (Si)
درصدعنصر در ریل	از ۰/۳۷ تا ۰/۵۵	از ۰/۷ تا ۱/۲	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۳۵
درصدعنصر در ریل	از ۰/۵ تا ۰/۷	از ۱/۳ تا ۱/۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۵

باید متذکر شد که منگنزیکی از عناصری است که کیفیت ریل شدیدا بدان بستگی دارد ووجود درصد مناسبی از این عنصر مقاومت به فرسایش وبطورکلی کیفیت ریل رابالا میبرد . درضمن مقدار کربن آلیاژ توسط روش متالوگرافی نیز تعیین شده و مقداربدست آمده برابر % ۰/۶۸ است [۶] که این مقدار نتیجه بدست آمده از تجزیه شیمیائی را تایید مینماید . بطور کلی میتوان نتیجه گرفت که فولادریل راه آهن تهران ــ شاهرود ازنوع فولادتهیه شده بطریقه‌توما (Thomas) نزدیک بنوع XC70است .

۳ ــ مطالعه متالوگرافی

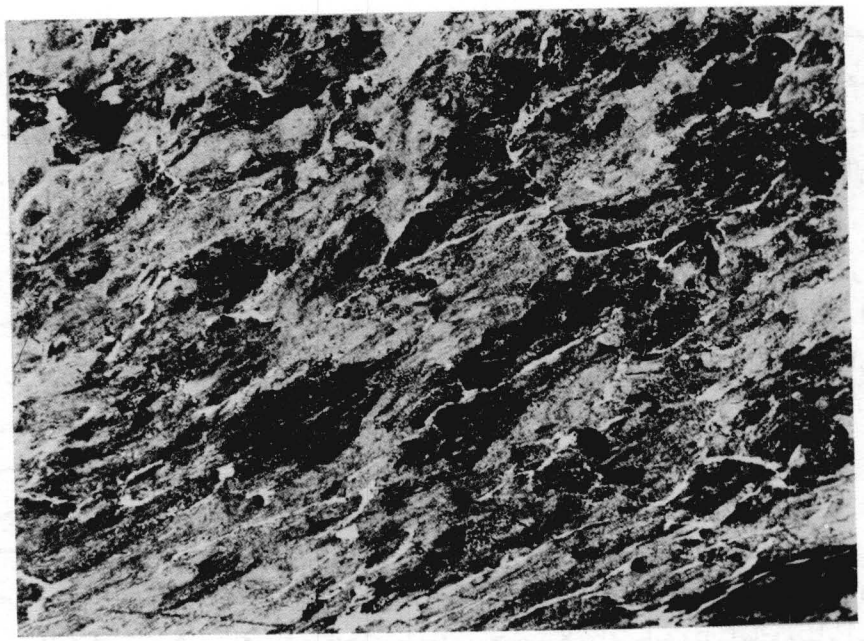
قسمت قارچ ریل را مطابق شکل ۲ بدوقسمت تقسیم‌نمودیم وهر قسمت راجداگانه مورد مطالعه قرار دادیم برای مطالعه میکروسکپی ابتداء قطعه را صیقل داده وسپس بتوسط محلول پیکرال (Picrol) (۴ گرم اسید پیکریک در ۱۰۰ سانتیمتر مکعب اتاتول) حکاکی گردیده است البته این حکاکی با محلول نیتال یعنی محلول % ۳ اسید نیتریک در الکل اتیلیک نیز انجام گردید ولی چون نتیجه حاصل در مقام مقایسه با محلول پیکرال رضایتبخش نبود [۷] لذا ازکاربرد آن خودداری شد .

درشکل شماره پنج وضع ناحیه A ریل بخوبی مشخص است .ملاحظه میشودکه ساختمان آلیاژی این ریل ازپرلیت (Perlite) وفریت (Ferrite) میباشد که درصد فریت آن کم است . در شکل شماره شش وضع ناحیه B ریل بخوبی نشان داده شده است در این هم ساختمان آلیاژی از تیغه های پرلیت (Perlite lamellaire) همراه با فریت پرواتکتوئید (Ferrite Proeutectoide) تشکیل شده است چون وضع پرلیت های مشاهده شده منظم بنظر میرسد میتوان نتیجه گرفت که سرد کردن ریل از درجه حرارت بالا به کندی انجام گرفته و باحتمال قوی این سرد کردن درمجاورت هوا بوده است .

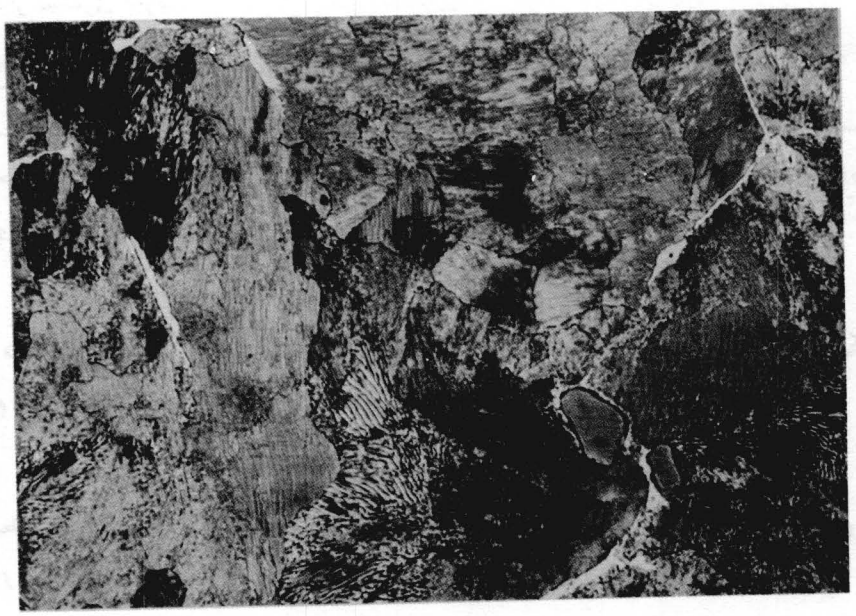
در ضمن در شکل شماره شش رسوب سولفور منگنز (MnS) نیز مشاهده می‌شود که وجود این رسوب در ریل راه آهن موجب بالا رفتن سختی ریل میگردد . این رسوبات اغلب شکل معینی ندارند وخاکستری رنگ بوده واندازه‌آنها بسیارمتغیر است در ضمن توزیع معینی نیز ندارند . [۸ و ۹] .

۴ ــ دیلاتومتری ریل راه آهن تهران ــ شاهرود

هدف از انجام آزمایشات دیلاتومتری اینستکه مشاهده شود که با بالا رفتن درجه حرارت آیا تغییری در ساختمان آلیاژی ریل صورت میگیرد یا نه؟ .



شکل ۵ – میکروگرافی ریل راه آهن در ناحیهٔ A (بزرگنمائی ۱۵۰)



شکل ۶ – میکروگرافی ریل راه آهن در ناحیهٔ B (بزرگنمائی ۵۰۰)

این تغییر میتواند مثلا بصورت حل شدن رسوب سولفورمنگنز (MnS) یعنی بصورت محلول جامد در آمدن هر یک ازعناصر گوگرد و منگنز باشد . برای این سری از آزمایشات :

الف = یک نمونه ازریل کار کرده را بدون هیچگونه عملیات حرارتی قبلی مورد آزمایش قرار دادیم شکل شماره هفت نمودار منحنی بدست آمده است [۱۱] این منحنی نشان میدهد که تا درجه حرارت ۹۰۰ درجه سانتیگراد هیچگونه تغییر ساختمانی رسوب-وتوزیع آن در آلیاژ ریل بوجود نمیاید .

ب = یک نمونه از ریل کار کرده را بمدت یکساعت در یک کوره بدرجه حرارت ۹۰۰ درجه سانتیگراد قرارمیدهیم وسپس آنرابسرعت آب داده ودر دستگاه دیلاتومتر (Dilatometre) قرار میدهیم منحنی شماره هشت نتیجه‌حاصل را نشان میدهد که باز هم هیچگونه تغییر ساختمانی رسوبی تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد در ریل بوجود نمیاید . این نتایج قابل پیش‌بینی بوده‌وکاملا منطقی میباشد [۱۰] زیرا رسوب سولفورمنگنز در درجه حرارت بسیار بالا بصورت محلول جامد در می‌آید .

البته باید توجه کرد که منگنز یک عنصر γ ژن است وقاعدتا میبایستی این فولاد (با ۰/۶۶ درصد کربن) قبل‌از رسیدن به ۹۰۰ درجه‌سانتیگراد تغییرساختمانی‌داده وآهن γ بوجود آید ولی آزمایش نشان میدهد که این تغییر وتحول برخلاف تصورقبل از۹۰۰درجه سانتیگرادانجام‌نپذیرفته زیرابا در نظر گرفتن سینتیک فعل‌وانفعال وشرایط خاص آزمایشی احتمالا " این تغییر و تحول به بعداز ۹۰۰ درجه سانتیگراد برده شده است .

۴ = آزمایشات مکانیکی

۵ ــ ۱ ــ سختی سنجی

براساس این سری از آزمایشات ابتداء سختی ریل را برحسب دوپارامترx و h (شکل شماره ۲/ را ملاحظه کنید) معین کردیم .منحنی شماره ۹ نشاندهنده تغییرات سختی برینل برحسب x برای پایه ریل است وبنابراین نتایج بدست آمده سختی پایه ریل درحدود۲۵۰ (برحسب اشل برینل) میباشد . در حالیکه منحنیهای شکل ۱۰/ نشاندهنده تابعیت سختی بـــرحسب مقادیرمختلفh میباشد ملاحظه میگرددکه سختی برای قسمت فوقانی ریل‌که برروی آن کارسرد زیادی انجام شده است مقدار بیشتری دارد .

۵ ــ ۲ = میکروسختی

برروی قسمتهای مختلف تحت نیروی ۲۰۰گرم میکروسختی ویکرز (Vickers) را اندازه گرفتیم در قسمـــت فوقانی ریل یعنی محل تماس ریل‌باچرخ واگن یالکوموتیو میکروسختی برابر HV ۵۵۸ میباشد . نتیجه فوق‌طبعا "یک‌نتیجه آماری است که منطقی بنظر میرسد .

۵ ــ ۳ = کشش

آزمایشات متعدد کشش نشان میدهد که حد تسلیم ریل برابر DaN/mm^2 ۴۰/۶ است در حالیکه حد گسیختگـی برابر ۱۰۶۵ کیلوگرم نیرو میباشد . مقدار افزایش طول نیز از ۹% متجاوز نیست[۴].

۵ ــ ۴ = شکنندگی

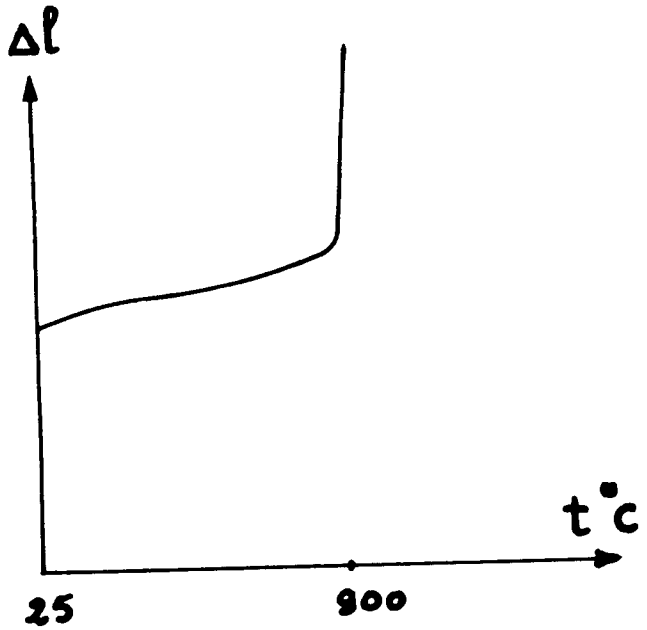
در شکل شماره ۱۱ نتایج بدست آمده برای منحنی شکنندگی نشان داده شده است این منحنی مطابق با منحنی شکنندگی فولاد ۰/۶% کربن است [۱۱].

۴ ــ ۵ = خستگی

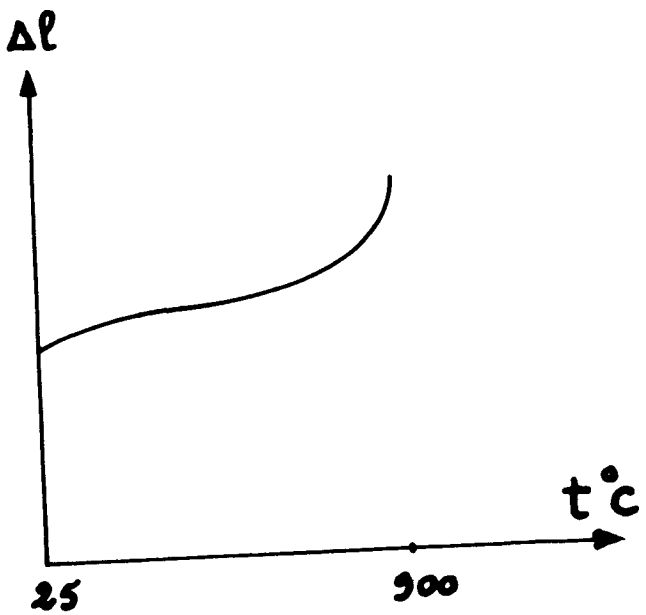
در شکل شماره ۱۲ منحنی خستگی برای قسمت فوقانی ریل رسم شده است بررسیهای متعدد مقطع شکست بـــا میکروسکپ الکترونی دانشکده علوم تهران نشان میدهد که ریل شکننده میباشد . شکلهای شماره ۱۳/ و ۱۴ مقطع هـــای شکست خستگی را نشان میدهد که در آن سطوح کلیواژ (Clivage) بسیاری بچشم میخورد .

۶ ــ نتیجه گیری

ریل راه آهن تهران ــ شاهرود از نوع فولاد توما (Thomas) نزدیک به فولاد یست که دارای ۰/۶۶% کربـــن



شکل ۷ ــ منحنی دیلاتومتری ریل راه آهن بدون عملیات حرارتی



شکل ۸ ــ منحنی دیلاتومتری ریل راه آهن پس از عملیات حرارتی

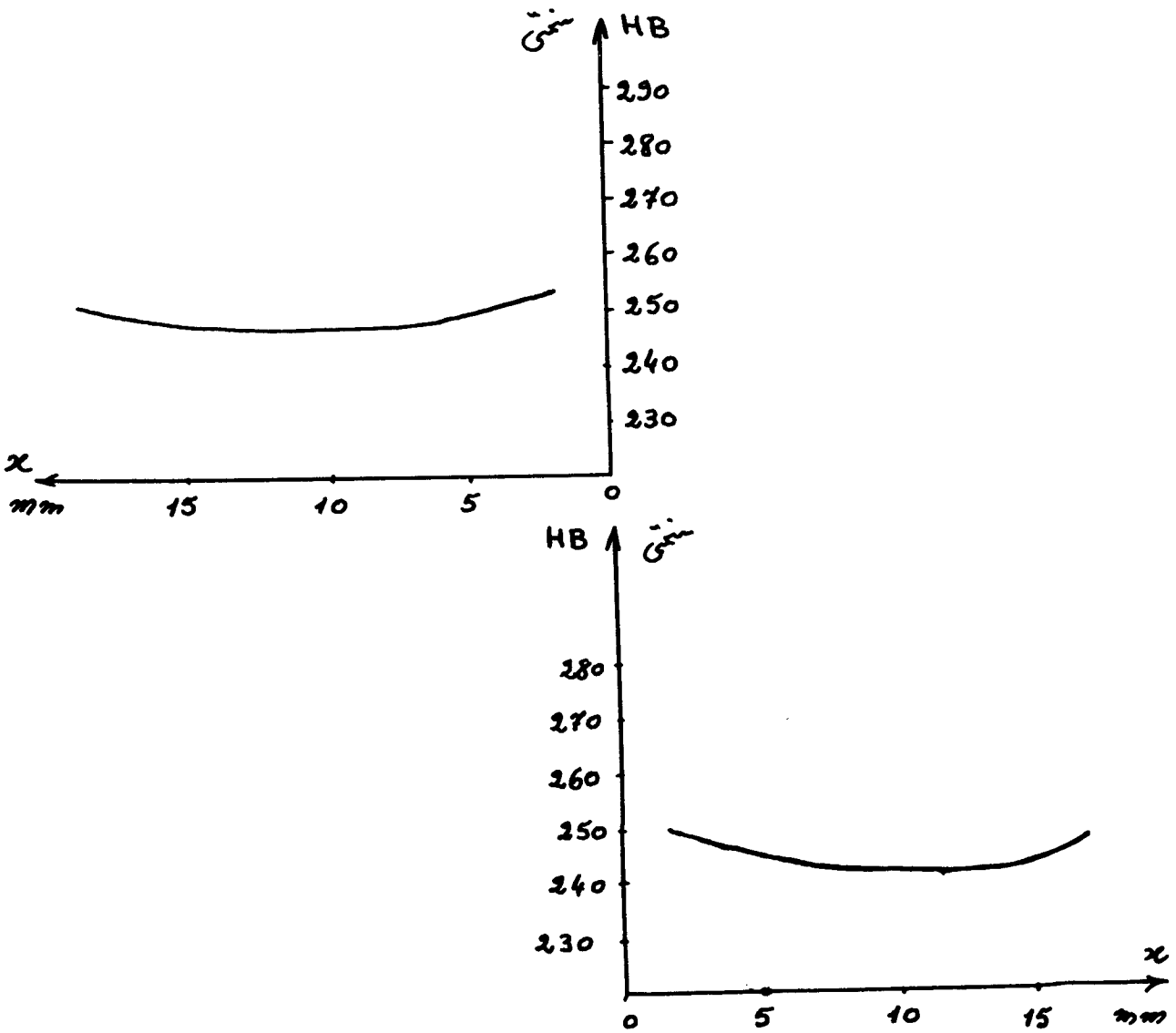
و % ۰/۷۶ منگنز میباشد ودرصد منگنز در این آلیاژ کم است واین نشاندهنده این است که مقاومت به فرسایش ریل کم میباشد. ساختمان آلیاژی این ریل از تیغه های پرلیت همراه با فریت پروتکتوئید تشکیل شده است که در داخل آلیاژ رسوبات سولفورمنگنزنیزمشاهده میگردد اندازه این رسوبات متغییر بوده وتوزیع آنها نیز در آلیاژ وضع مشخصی ندارد. از درجه حرارت عادی تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد هیچگونه تغییر ساختمانی رسوبی درآلیاژ ریل انجام نمیپذیرد و رسوبات مذکور نیز تا ۹۰۰ درجه‌سانتیگراد در آلیاژ حل نمیشوند. آزمایشات سختی سنجی نشان میدهد که سختی ریل خصوصا "

درقسمت فوقانی زیاد است وبالابردن سختی عاملی است برای نتیجه گیری اینکه ریل مزبور سخت وشکننده میباشد . در ضمن سری آزمایشات مربوط به میکروسختی نشان میدهد که در قسمت فوقانی ریل یعنی محل تماس ریل با چرخ واگن یا لکوموتیوی میکروسختی برابر ۵۵۷ HV (اشل ویکرز) است که این نتیجه با در نظر گرفتن وضعیت ریل منطقی بنظرمیرسد زیرا قسمت فوقانی ریل تحت تاثیر کار سرد بوده است .

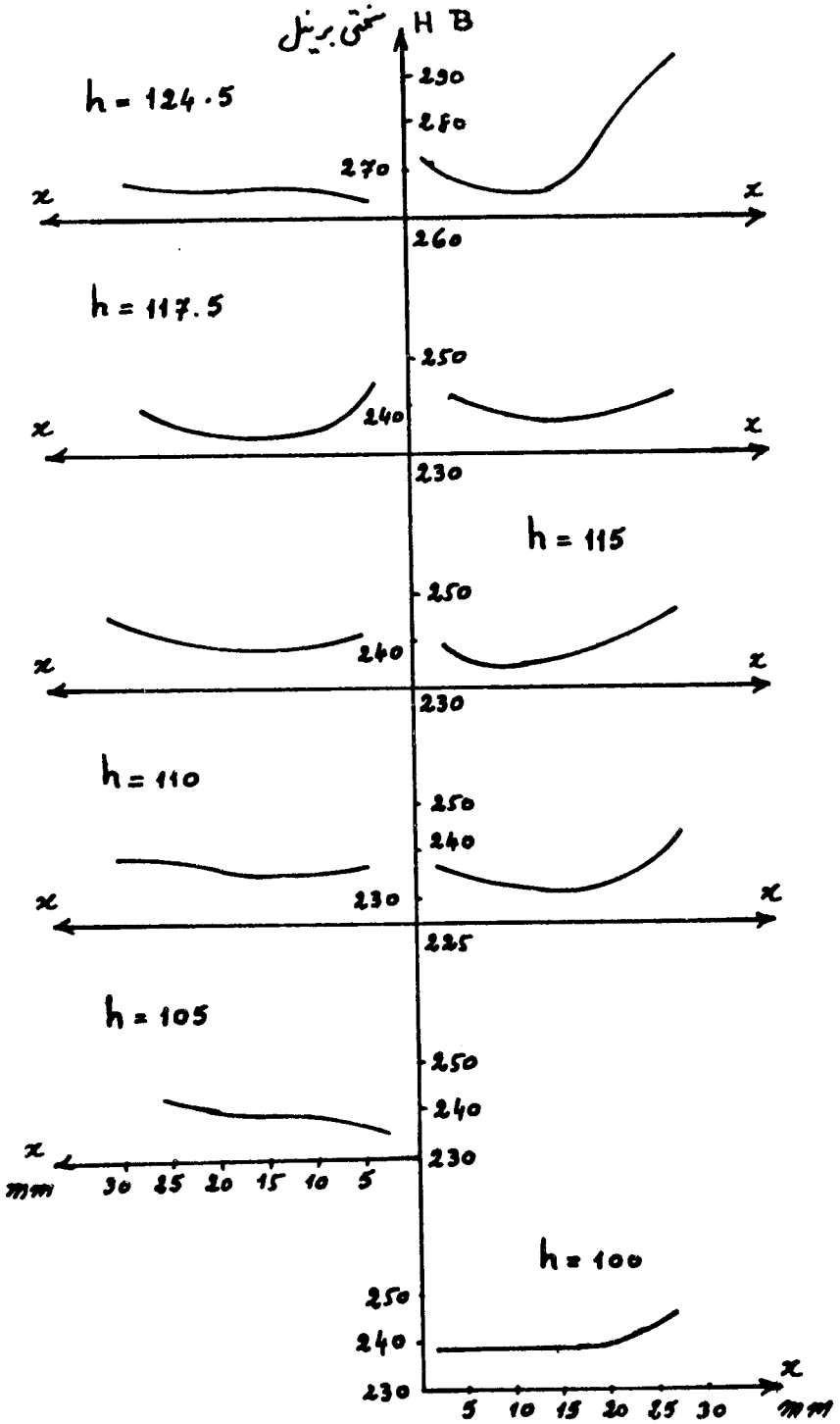
نتایج آزمایشات کشش نشان میدهد که فولاد مزبور فولادی است که شدیدا" ، برروی آن کار سرد انجام شده است .

آزمایشات شارپی نشان میدهدکه منحنی شکنندگی تقریبا" همان‌منحنی شکنندگی یک فولادبا%۰/۶کربن‌است .

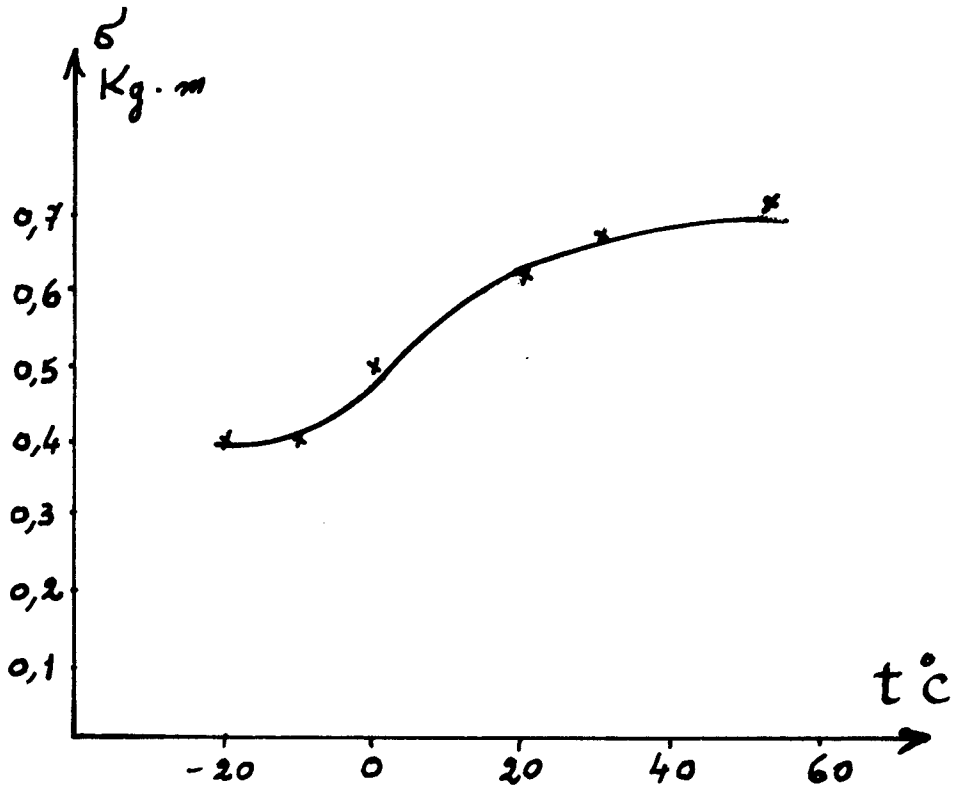
مطالعات وبررسیهای انجام شده مقطع شکست برای خستگی نشان میدهد که سطح شکست دارای سطوح کلیواژ بسیاری بوده وآلیاژ ریل مزبور شکننده میباشد ومنحنی خستگی یک منحنی کاملا کلاسیک برای فولاد % ۰/۶ کربن است .



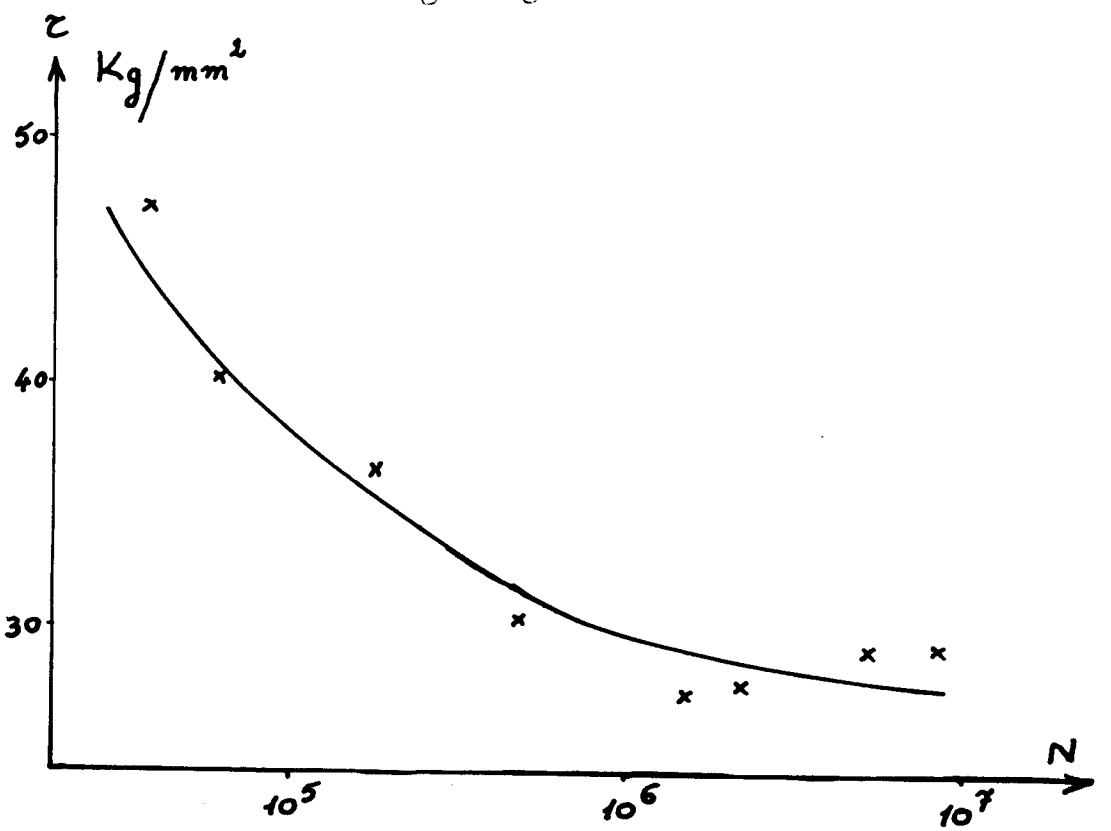
شکل ۹ـ منحنی های سختی [۶]



شکل ۱۰ــ منحنی‌های سختی ۶

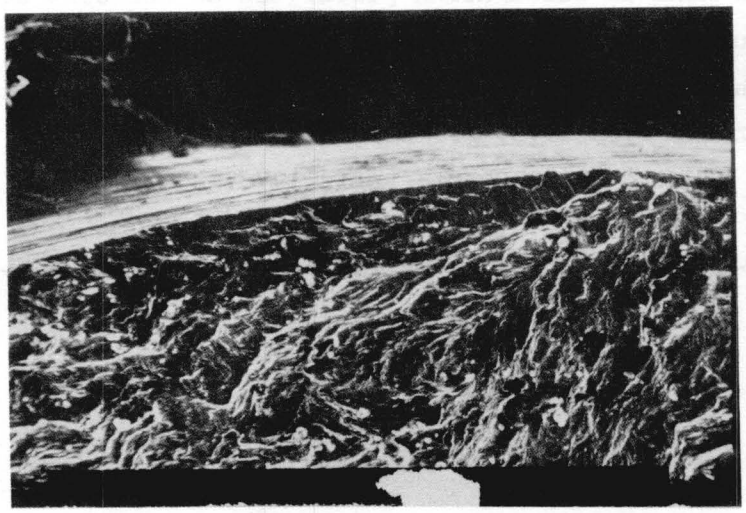


شکل ۱۱ــ منحنی شکنندگی



شکل ۱۲ــ منحنی خستگی ریل

شکل شماره ۱۳(بزرگنمائی ۱۶۰۰)مقطع شکست خستگـی



شکل شماره ۱۴-(بزرگنمائی ۱۶۰۰) مقطع شکست خستگـی

فهرست منابع

[۱] اطلاعات داده شده به توسط اداره راه آهن دولتی ایران ـ بهمن ماه ۱۵۳۴

[۲] علی‌آذریان خرداد ماه ۲۵۳۷ ـ گزارش نهائی طرح پژوهشی شماره ۵۴/۳ ـ ۳ ـ ۸۶۰ تحت عنوان "بررسی علل ترک وفرسایش موضعی ریل راه آهن تهران ـ مشهد براثر حرکت توربون .

[۳] عکس تهیه شده بتوسط آقایان ناصرثقفی ومحمدرضابیگدلی مربیان دانشکده فنی اردیبهشت ماه ۲۵۳۷.

[4] Rapport BM/MG - Centre des materiaux de l'ENSMP - 92 Corlecil Essonne FRANCE Mai 1976.

[5] Jean Allias " La voie ferree " Eyrolles Paris" 1977 PP. 143.

[۶] گزارش پروژه دوره لیسانس آقای سعید هاشم زاده همایونی وخانم مهرانگیز داودی ـ بهمن ماه ۲۵۳۵ ـ دانشکده فنی تهران ـ "بررسی ویژگیهای مکانیکی ریل راه آهن .

[7] Communication de M. Wyon - Laboratoire de metallurgie - ENSM Paris 1971

[8] D.Coolen Rapport N 1" comportement et role des inclusions de sulfure de Manganise dans la deformation plastiques de certains aciers"-Centre des materiaux de l'Ecole des Mines de Paris Aout 1976.

[9] A. Auroux These " Contribution a l'etude des sulfures de maganese " Univ. C. Bernard Lyon 1973, PP. 169

[10] M. Jullien Memoire "MNS" CNAM - Paris 1976.

[۱۱] گزارش‌تزفوق لیسانس آقایان عباس برهان توکلی‌وکاظمی‌نجف‌آبادی‌ـ۱۳۵۶دانشکده‌فنی‌تهران

MICROGRAPHIE DU RAIL DE CHEMIN DE FER DE LA LIGNE SHAHROUD -TEHERAN

Par:A. Azarian (Dr.Ing.) Maître de conference a la Faculte Technique de l'Universite de Teheran.

RESUME

Le rail de la ligne TEHERAN - SHAHROUD est constitué d'un acier Thomas proche de XC70. Il contient 0,66% de carbone et 0,76% de manganese.
Il se trouve que le pourcentage de manganese n'est pas assez pour un acier de rail. Ce qui explique que cet acier ne possede pas de bonnes proprietes mecaniques.
On observe dans cet acier des grains de perlite lamellaire qui sont systematiquement bordés d'un fin lisere de ferrite proeutectoide. On remarque egalement la presence de sulfure de manganese. Ces precipites ont une forme un peu quelconque avec une distribution entierement quelconque.
Par une serie d'experiences de dilatometrie, nous avons deduit que jusqu'a la temperature de 900° C, il n'y a aucun changement structural a l'interieur de cet alliage.