مجله بهداشت ایران
سال یازدهم، شماره ۳ و ۴، ۱۳۶۱ (۷۳ـ ۵۹)

اثرات بیولوژیکی میدانهای مغناطیسی وارزشیابی شدت میدان مغناطیسی در یک کارگاه آلومینیوم

دکتر فرهنگ اکبرخانزاده*

کلمات کلید: بهداشت حرفه‌ای، میدان مغناطیسی، کارگاه تهیه آلومینیوم

خلاصه:

در این مطالعه، برای اولین بار در ایران، جنبه‌های بهداشتی و اثرات زیان‌آور میدانهای مغناطیسی بر روی انسان موردتوجه قرار گرفته و در یک کارگاه احیاء و تهیه آلومینیوم توزیع شدت میدان‌مغناطیسی تعیین و درمقایسه با حداکثر شدت مجازارزشیابی شده است. نظر باینکه برای تماس شغلی با میدانهای مغناطیسی معیار مقایسه‌ای وجود ندارد، در قسمتی از این گزارش پژوهشهای مختلف در این زمینه مرور شده است و با استفاده از نتایج آنها حداکثر شدت میدان‌مغناطیسی مجاز برای یک شیفت کار در روز برای سر و صورت و قسمتهای مختلف بدن بجز دست و پا ۱۵۰ گوس و برای دستها و پاها ۱۵۰۰ گوس پیشنهاد میگردد.

نتایج این مطالعه نشان‌میدهد که کارگران در کارگاه احیاء آلومینیوم درمعرض‌میدان مغناطیسی از ۲۰ تا ۱۰۰۰ گوس قرارمیگیرند. بویژه کارگرانیکه در کنار دیگهای احیاء آلومینیوم عملیات تولید را هدایت و کنترل‌مینمایند در معرض میدان‌مغناطیسی قابل‌توجه و اغلب بیش از حداکثر مجاز انتخابی قرار دارند. و بررسیهای مقدماتی پزشکی معلوم کرده است که این عامل فیزیکی بر روی کارگران شاغل در کارگاه احیاء آلومینیوم اثرات زیان‌بار دارد و توصیه میگردد که با در نظر گرفتن معیارهای خاص میزان تماس کارگران با میدان مغناطیسی تا حد قابل‌قبول کاهش داده شود.

* گروه بهداشت‌حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و موسسه تحقیقات بهداشتی، دانشگاه‌تهران
صندوق‌پستی ۱۳۱۰

مقدمه

در ربع قرن اخیر بعلت پیدایش میدانهای شدید مغناطیسی در محیط کار و پژوهش و یا مسافرتهای فضائی به اثرات بهداشتی و بیولوژیکی میدان‌مغناطیسی‌بر روی‌اعضاءبدن انسان و حیوانات توجه‌خاصی معطوف شده است. با اینکه وجود میدان مغناطیسی مانند دما، فشار، هوا، نور و نیروی سنگینی برای انسان ملموس نیست ولی یکی از مهمترین عوامل فیزیکی محیط‌زیست انسان و حیوان بشمار میرود و حتی میتوان گفت بدون وجود میدانهای مغناطیسی صنعت مفهوم خارجی نخواهد داشت.

نظر باهمیت زیاد این رشته از علوم، که معروف به زیست‌شناسی میدانهای مغناطیسی[1] میباشد (2)، برای اولین بار در ایران، این موضوع مورد تجزیه و تحلیل قرار میگیرد و توصیه میشود که از این پس میدانهای مغناطیسی یکی از عوامل محیط کارو زیست محسوب گردد و بموازات سایر عوامل فیزیکی مورد پژوهش قرار بگیرد.

بشر در تمام دوران زیست در روی کره‌زمین در تماس با یک میدان مغناطیسی طبیعی ضعیفی، با شدت حدود ۰/۵ گوس، بوده است. در موقع بالا آمدن و طغیان شعله‌های خورشید بمیزان شدت میدان مغناطیسی در روی کره زمین افزوده میشود. زیاد شدن طبیعی شدت میدان‌مغناطیسی میتواند اثرات سوء فیزیولوژیکی، ازجمله ناراحتیهای‌روانی، در انسان ایجاد نماید و سایر حیوانات و گیاهان نیز از این تغییرات متاثرمیشوند. بنابراین، قابل پیش‌بینی است که افزایش خیلی‌زیاد و تصنعی میدان مغناطیسی بتواند اثرات نامطلوب بیشتری روی دستگاههای مختلف بدن انسان بگذارد.

میدان مغناطیسی شدید، و در مقایسه خیلی بیش‌از مقادیر طبیعی، دربعضی صنایع خاص‌وجود دارد، مانند عملیات مربوط به سیلکوترون و برخی راکتورها، مسافرتهای فضائی و بویژه در آن دسته از فعالیتهای صنعتی که مستلزم استفاده‌از برق باشدت‌جریان خیلی‌زیاد است. از جمله اینگونه صنایع میتوان از صنعت تولید فلزات بروش الکترولیز نام برد، بطوریکه دریک‌دیگ احیاء آلومینیوم شدت جریان یکسوئی بالغ بر هفتاد هزار آمپر میگذرد و روشن است که عبور چنین جریان برقی از یک مدار، میدان مغناطیسی قابل توجهی در اطراف خود بوجود میآورد و کارگرانی که در کنار این دیگهابکار اشتغال دارند تحت‌تاثیر قرار میگیرند. هدف از بررسی اخیر، مطالعه شدت میدان مغناطیسی وتغییرات آن در کارگاه احیاء آلومینیوم و مقدمه‌ایست برای نشان دادن اثرات سوء اینگونه میدان‌ها

1. *Magnetobiology.*

در سیستمهای مختلف بدن افرادیکه در تماس با آن هستند .

تا آنجا که نویسنده این مقاله اطلاع دارد ، هنوز هیچ کشوری رسما" برای شدت میدان مغناطیسی در محیط کار ، یک حداکثر مجاز تعریف و تعیین نکرده است . برای یافتن یک حداکثر مجاز ، یک راه عملی و علمی اما تاحدودی پیچیده و مشکل آنستکه نتیجه پژوهشهائیکه در این زمینه انجام شده جمع‌آوری و همزمان مورد نقد و بررسی قرارگیرندتا از این راه معلوم شود که کمیت‌های مختلف شدت میدان مغناطسی چه تغییراتی در کیفیتهای فیزیولوژیکی انسان و حیوان بوجود آورده است و در نتیجه بتوان حداکثر مجاز را تعیین نمود .

ازاینکه میدان مغناطیسی بر روی دستگاه عصبی در انسان اثر میگذارد زیاد نمیتوان شک داشت . کلودف و همکارانش *(1)* برخی از اثرات بیولوژیکی میدان مغناطسیی ساکن را روی دستگاه عصبی خزندگان ، کبوتر ، خرگوش، میمون و نیز انسان مورد مطالعه قرار داده‌اند . حداقل شدت میدان مغناطیسی که بر روی الکتروانسفالوگرام اثر قابل‌اندازه‌گیری میگذارد حدود ۱۰۰ ــ ۸۰ گوس بوده‌است . هنگامیکه زمان تماس با میدان‌مغناطیسی ساکن و با شدت ۳۰۰ ــ ۲۰۰ گوس طولانی‌تر میشد جراحات و آسیبهای قابل توجهی در سلولهای عصبی خرگوش مشاهده میگردید . در این رابطه فریدمن و کاری *(7)* پیشنهاد کرده‌اند که بهتر است انسان از اقامت بمدتی بیش از ۳۰ ساعت ، در محیطی که میدان مغناطیسی در آن از ۲۰۰ گوس شدیدتر است اجتناب نماید .

در یک مطالعه *(14)* ، موشهائیکه در معرض میدان مغناطیسی ساکن بودند بارفتاری دوستانه ، خیلی‌فعال بوده واشتهای خوبی نیز داشتند . در حالیکه ، گروه شاهد غیرفعال، بسیار ترسو و پیوسته آماده نزاع با یکدیگر بودند .

شواهدی در دست است که حس‌جهت‌یابی کبوتر متکی است بمیدان مغناطیسی زمین و اگر قطعه‌ای مغناطیس به کبوتر متصل شود ، حس مزبور زایل میشود *(12)* ، باید اضافه شود که موجودات دیگر مانند کرمها و حلزونها قادر به تشخیص میدانهای ضعیف تاحدود ۱۰ گوس هستند و حتی قطبهای شمال و جنوب را از هم تفکیک میکنند .

در سازندگان مغناطیس دائم برادی‌کاردیا ، تاکی‌کاردیا و کاهش فشارخون شریانی ، حساسیت ، خستگی ، گیجی گاه‌بگاه ، کم اشتهائی و سردرد مشاهده شده است *(5)* درمغز استخوان موشها در معرض چند هزار گوس میدان مغناطیس، مگاکاریوسیت‌ها کاهش میابند *(1)* ، در حالیکه این سلولها در طحال موش بطور قابل‌توجهی افزایش میابد و این افزایش مستقل از شدت میدان و طول تماس میباشد . همچنین در اثر افزایش خیلی

زیاد شدت میدان مغناطیسی تقسیم سلولی هم بیشتر میشود. مثلا" در اثر تماس با ۴۲۰۰ گوس هیچگونه تغییری وجود نداشته است ولی وقتی شدت به ۹۰۰۰ گوس رسیده تقسیم سلولی نیز بطور قابل‌توجهی افزایش نشان داده است.

در یک بررسی (3) وقتی موشها بمدت ۴ تا ۵ هفته در معرض میدان مغناطیسی با شدت ۴۲۰۰ گوس قرار داشتند، شمارش لوکوسیت آنها ۲۸ تا ۴۸ درصد کاهش یافته‌بود. اما دربررسی دیگر (6) در موشهائیکه بمدت ۱۶ تا ۲۳ روز در تماس با میدان‌مغناطیسی با شدت ۸۸۰۰ تا ۱۴۰۰۰ گوس بودند در شمارش لوکوسیت آنها تغییری مشاهده نشد.

دراثر تماس با میدان‌مغناطیسی ساکن میزان ته‌نشینی‌گلبولهای‌قرمز (سدیمانتاسیون) کاهش مییابد (1). این پدیده احتمالا" بعلت افزایش ویکوزیته خون در حین تماس با میدان مغناطیسی میباشد. مورایاما (16) متوجه شد که اریت روسیت‌های معوج خود را در جهت عمود بر خطوط نیروی میدان مغناطسی ۳۵۰۰ گوس قرار میدهند. همچنین تماس با میدان مغناطیسی میتواند تغییراتی در تعداد ضربان قلب و سایر فعالیت‌های این عضو بوجودآورد (1,4) و میزان جذب و دفع برخی‌از املاح بدن را تغییر دهد(10,11,15).

نشان داده شده است که در اثر تماس با میدان‌مغناطیسی احتمال دارد بهبودی‌زخم های بدن بتعویق بیفتد (8). چنین استنباط میشود که عمل میدان مغناطیسی ساکن در تغییرات اساسی فیزیولوژیکی است، نه اینکه روی زخم اثر مستقیم داشته باشد.

اضافه مینماید که میدانهای مغناطیسی ساکن دارای اثرات سودمند قابل‌توجهی نیز برای انسان است، بویژه از نظر پزشکی میتوان از این عامل فیزیکی در درمان برخی از بیماریهای بهره‌گیری نمود. از جمله احتمالا" بیماریهائی چون سرطان، بیماریهای‌خواب، بالا بودن کلسترول و تصلب شریان بوسیله میدانهای **مغناطیسی** قابل‌درمان هستند (17).

از **مرور** دقیق مطالعات ارزنده پژوهشگران و بویژه با توجه به جدولهای جالبی که کچن و همکارانش نیز در این مورد تهیه کرده‌اند (13)، و با توجه به اینکه در محیط کار افراد شاغل تقریبا" یک سوم از شبانه‌روز را در معرض میدان مغناطیسی آنهم ۶ – ۵ روز در هفته و بمدت حدود ۳۰ سال هستند، میتوان گفت که شدت میدان مغناطیسی ۱۵۰ گوس برای تمام قسمتهای سر و صورت یا تمام بدن و ۱۵۰۰ گوس برای دستها و پاها حداکثر مجاز مقبولی است. همچنین بهتر است از تماسهای بیش‌از ۱۵۰۰ گوس برای سرو صورت و یا تمام بدن و ۱۵۰۰ گوس برای دستهاو پاها بهرمدت خودداری شود.

از سوی دیگر، پیشنهاد میشود افرادیکه دارای بیماریهای روانی هستند، آنهائیکه از وسائل پزشکی الکترونیکی در تن دارند، زنان باردار، کودکان در حال رشد، و افرادی

با ناراحتیها و بیماریهای مزمن مثل کم‌خونی از نوع با سلولهای خونی معوج و یا افرادیکه به بیماری‌قلب و عروق دچارند تاحدامکان از تماس با میدانهای مغناطیسی پرهیز نمایند.

نمونه‌برداری و روش کار

سنجش میدان مغناطیسی معمولا" با یکی از سه یکای "خط نیروی مغناطیسی درهر واحد سطح"، "ارستد[1]" و یا "گوس[2]" انجام میشود. نظر باینکه ضریب نفوذ مغناطیسی در هوا تقریبا" مساوی یک است، دانسیته فلو (بایکای گوس) و شدت میدان (بایکای ارستد) در هوا، از نظر عددی، معادل میشوند و در این گزارش یکای گوس بجای ارستد یا خط در سانتیمتر مربع بکار گرفته شده است.

از جنبه نظری، میتوان در اطراف یک منبع تولید میدان مغناطیسی فلوی‌مغناطیسی را محاسبه‌نمود. ولی معمولا" این محاسبات پیچیده هستند. بهرحال، برای‌تعریف‌دقیق میدان مغناطیسی در هر نقطه دانستن جهت میدان و دانسیته فلو ضروری است که میتوان با وسائلی آنها را مشخص نمود (9).

دستگاه اندازه‌گیری میدان مغناطیسی ــ دستگاهی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، گوستمری است با مارک (فی‌وی)[3] که با آن میتوان شدت میدان مغناطیسی را در دامنه از حدود ۲۰ گوس تا ۳۰ کیلو گوس با دقت ۲/۵ $\pm$ درصد برای میدان ساکن و ۵ درصد برای میدان مغناطیسی متغیر (فرکانسهای ۲۰ سیکل تا ۸۰ کیلوسیکل در ثانیه) اندازه‌گیری نمود.

این مطالعه در یک‌کارگاه احیاء آلومینیوم[4]، قسمت‌اصلی یک‌کارخانه تهیه‌آلومینیوم، انجام گرفته است.

آلومینیوم را با تجزیه الکترولیتیک محلول املاح آن در آب نمیتوان بدست آورد، برای آنکه درجریان الکترولیز اینگونه محلولها فقط هیدروژن در کاتود ظاهرمیشود. بدین جهت، برای تهیه آلومینیوم از اکسید این عنصرو عمل الکترولیز استفاده میشود، این اکسید را، که آلومین نامیده میشود، در یک مخلوط ذوب شده املاح فلورور در دمائی

1. *Oersted*
2. *Gauss*
3. *Phywe*
4. *Pot-Room*

حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد حل و بوسیله عبور جریان الکتریکی یکسو آنرا تبدیل به اکسیژن و فلز آلومینیوم میکنند. این عمل در دیگهائی که با پودر کربن آستر شده انجام میگیرد *(18)* و در این کارگاه ۷۰ دیگ بطور متوالی قرار دارند که از یک جریان یک سو تغذیه میشود (شکل ۲).

در اثر عبور جریان الکتریکی یکسو از دیگها، در هر نقطه از کارگاه یک میدان مغناطیسی ساکن ایجاد میشود. شدت جریان الکتریکی در مدار اصلی به ۶۷۰۰۰ آمپربالغ میگردد و دراثر ورود از دوانتهای دیگ و تقسیم شدن در بین ۱۴ زوج آند ـ کاتد موجود در طول دیگ، بترتیب از کناره دیگ بسمت‌مرکز آن از شدت جریان‌الکتریکی کاسته‌میشود. بطوریکه جریانیکه از حدود مرکز دیگ میگذرد در مقایسه با شدت جریان اصلی در مدار فوق‌العاده کم است.

بازده کار در یک دیگ احیاء طوری است که فقط حدود یک سوم از انرژی الکتریکی در هر دیگ صرف تولید فلز آلومینیوم میشود و مازاد انرژی بصورتهای مختلف بویژه به صورت گرما خودنمائی میکند.

در یک کارگاه احیاء آلومینیوم که در آن ۷۰ دیگ احیاء آلومینیوم قرار گرفته‌اند در اطراف ۱۲ دیگ روشن و فعال در چهار منطقه مختلف و در نقاط با ارتفاعهای پای کارگر یعنی حدود ۱۵ ـ ۱۰ سانتیمتری محل ایستادن کارگر، ناحیه شکم حدود ۱۱۰ ـ ۱۰۰ سانتیمتری از محل ایستادن کارگر و بالاخره ناحیه سر و صورت یعنی حدود ۱۶۰ ـ ۱۵۰ سانتیمتری از محل ایستادن کارگر شدت میدان مغناطیس برحسب گوس اندازه‌گیری شد.

نتایج بررسی

در جدول ۱ متوسط شدت میدان مغناطیسی در ۱۰ محل، در فاصله بین دیوارغربی کارگاه، که مبداء سنجش فاصله انتخاب شده، سمت غربی دیگها که در فاصله ۳/۷ـ۱/۲ متری از مبداء قرار داشتند، و مجموعا" در ۳۰ نقطه اندازه‌گیری نشان داده شده است. شدت میدان در ۳ متری دیگها ۳۰ تا ۴۰ گوس و با نزدیک شدن به دیگ‌ها شدت میدان مغناطیس افزایش میابد بطوریکه در فاصله ۰/۵ متری از دیگ در محلی که معمولا" کارگر برای خالی کردن آلومینیوم مذاب میایستد این شدت تا بیش از ۱۶۰ گوس در ارتفاع شکم کارگاه میرسد.

متوسط شدت میدان مغناطیس در بین دو دیگ در جدول ۲ نشان داده شده است. بین دو دیگ محوطه ایست بابعاد تقریبی ۱/۲۵ × ۷ متر و در ارتفاع یک متری از کف

ردیف	تعداد محلهای اندازه‌گیری	تعداد نقاط اندازه‌گیری	فاصله‌ازپشت دیگ (متر)	فاصله‌ازمبداء یعنی دیوار غربی کارگاه (متر)	متوسط شدت میدان مغناطیسی (گوس) در ارتفاع نشان داده شده از کف کارگاه		
					سروصورت‌کارگر (۱۶۰ سانتی متری)	شکم کارگر (۱۱۰سانتی متری)	پای کارگ (۱۵سانت متری)
۱	۳	۹	۳	۱/۲	۴۰	۳۵	۳۰
۲	۲	۶	۲	۲/۲	۶۰	۵۰	۴۰
۳	۵	۱۵	۰/۵	۳/۷	۱۰۵	۱۶۰	۱۲۰
جمع	۱۰	۳۰					

جدول ۲ ــ متوسط شدت میدان مغناطیسی در بین دو دیگ در کارگاه احیاء و تهیه آلومینیوم

ردیف	تعداد محلهای اندازه‌گیری	تعداد نقاط اندازه‌گیری درهرمحل	محل اندازه‌گیری در مقایسه با شماره آند از غرب‌بشرق	فاصله از مبداءیعنی دیوارغربی کارگاه (متر)	متوسط شدت میدان مغناطیسی (گوس) در ارتفاع نشان داده شده از کف کارگاه.		
					سروصورت‌کارگر (۲۶۰ سانتی متری)	شکم‌کارگر (۲۱۰سانتی متری)	پای‌کارگ (۱۱۵سانتی متری)
۱	۱	۱	۱	۴/۵	—	—	۱۷۰
۲	۱	۲	۳	۶/۲	۵۵	—	۱۵۰
۳	۱	۲	۴	۶/۶	۵۰	۸۰	—
۴	۱	۲	۵	۷/۰	۲۵	—	۸۰
۵	۱	۲	۶	۷/۴۵	—	۴۰	۶۰
۶	۱	۲	۷	۷/۷	—	۱۰	۲۵
۷	۱	۲	بین ۷ و ۸	۷/۹	—	۱۰	۲۰
۸	۱	۲	۸	۸/۱	—	۱۰	۲۰
۹	۱	۳	۱۰	۸/۹	۲۰	۵۰	۹۰
۱۰	۱	۳	۱۲	۹/۶	۴۰	۶۰	۱۱۰
۱۱	۲	۲	۱۳	۹/۹	—	۱۰۰	۲۵۰
جمع	۱۱	۲۳					

کارگاه بصورت یک سکوی مشبک بنا شده است و کارگران بکمک پلکان فلزی کنار آن بروی‌آن صعود نموده و برای تعویض و یا تنظیم آندها و یا سایر اقدامات روی آن میایستند. دراین محوطه در ۱۱ محل مختلف، بفاصله‌های مختلف در مقابل آندها و بفاصله ۴/۵ تا ۹/۹ متری از مبداء یعنی دیوار غربی کارگاه، در ۲۳ نقطه بارتفاع سر، شکم و پای کارگر (وقتی کارگر بالای سکو ایستاده است) شدت میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده است. همانطور که نتایج نشان میدهد، معمولا" از دو سمت کناره‌های بیرونی بسمت مرکز دیگ و نیز در اثر افزایش ارتفاع ازسطح سکو شدت میدان مغناطیسی کاهش میبابد. در این محوطه‌شدت میدان از حدود کمتر از ۱۰ تا بیش از ۲۵۰ گوس متغیر است، بطوریکه در بالای پله‌ها و کنار سکو و در ارتفاع ساق پا شدت میدان حداکثر و در وسط سکو و ارتفاع سر شدت میدان حداقل است.

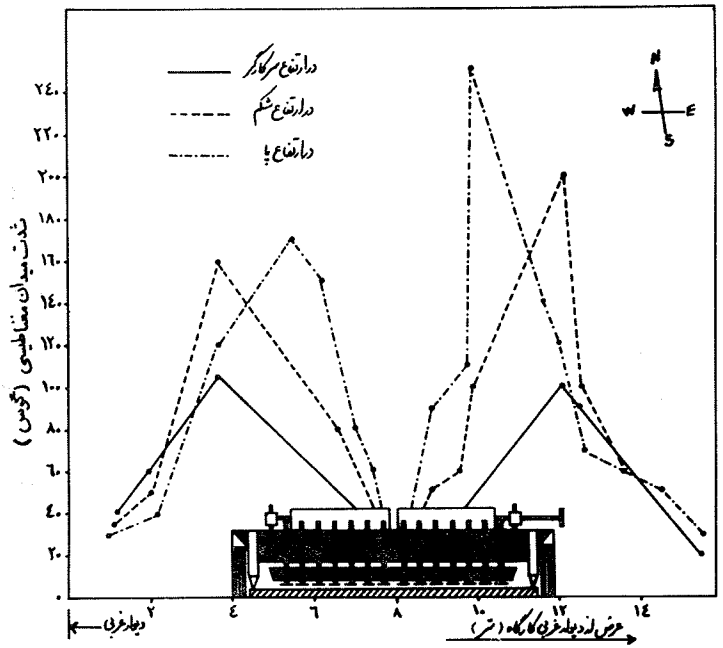
جدول ۳ نشان‌دهنده متوسط شدت میدان مغناطیسی در راهرو شرقی (جلو دیگها) کارگاه است. در این راهرو بیشترین فعالیت کارگری و کارگاهی متمرکز است، و مجموعا" در ۲۴ محل و در بالغ بر ۶۰ نقطه اندازه‌گیری بعمل آمده است. در این محوطه نیزمانند راهرو غربی با دور شدن از دیگ شدت میدان کاهش میبابد. حداکثر شدت در یک فاصله ثابت از دیگ در ارتفاع شکم کارگر است. در ارتفاع شکم کارگر شدت میدان مغناطیسی از حدود ۲۰۰ گوس در ۰/۵ متری تا ۲۵ گوس در فاصله ۴ متری از دیگ پائین میآید.

در جدول ۴ متوسط شدت میدان مغناطیسی در سایر نقاط مختلف کارگاه ارائه شده است. بطوریکه از این جدول پیداست، شدت میدان در بعضی محل‌ها در کارگاه به بیش از ۱۰۰۰ گوس‌میرسد و در وسط کارگاه و بین دو ردیف دیگها و نیز راهرو بین کارگاه‌وحتی دراطاق استراحت کارگران (که درموقع این بررسی بعلت نامناسب بودن آنها مورداستفاده کارگرانّ قرار نمیگرفت) بحدود و یا بیش از ۲۰ گوس میرسد.

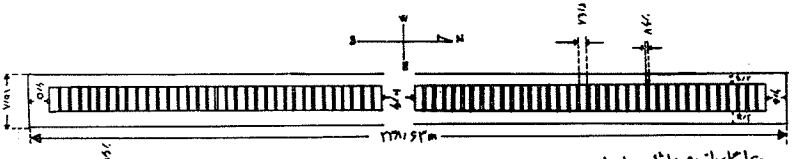
شکل ۱ تغییرات شدید میدان مغناطیسی را در ارتفاع اندامهای مختلف کارگران، با در نظر گرفتن محل ایستادن کارگر، نشان میدهد. بطوریکه از شکل پیداست، از غرب به شرق و در عرض کارگاه ابتدا بشدت میدانها افزوده میشود بطوریکه در کنار دیگها این شدت بحداکثر مقدار خود میرسد و سپس بسمت مرکز دیگها از شدت میدان کاسته میشودو در محور تقارن طولی کارگاه شدت میدان فوق‌العاده کاهش یافته و سپس در سمت‌دیگراین محور، تقریبا" بشکل مشابه قسمت‌غربی کارگاه، میدان مغناطیسی تغییراتی نشان میدهد.

جدول ۳ ــ متوسط شدت میدان مغناطیسی در راهروشرقی (جلو دیگها) کارگاه احیاء و تهیه آلومینیوم .

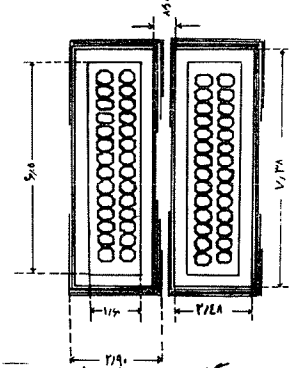
	تعداد محلهای اندازه‌گیری	تعداد نقاط	فاصله از جلو دیگ (متر)	فاصله از مبداء یعنی دیوار غربی کارگاه (متر)	متوسط شدت میدان مغناطیسی (گوس) در ارتفاع نشان داده شده از کف کارگاه		
					سروصورت کارگر (۱۶۰ سانتی متری)	شکم کارگر (۱۱۰ سانتی متری)	پای کارگر (۱۱۵ سانتی متری)
۱	۱	۱	۰	۱۱/۶	—	—	۱۴۰
۲	۱۲	۳۶	۰/۵	۱۲/۱	۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰
۳	۲	۶	۱	۱۲/۶	۹۰	۹۰	۷۰
۴	۴	۸	۲	۱۳/۶	—	۶۰	۶۰
۵	۱	۱	۳	۱۴/۶	—	—	۴۵
۶	۴	۸	۴	۱۵/۶	۲۰	—	۳۰
جمع	۲۴	۶۰					



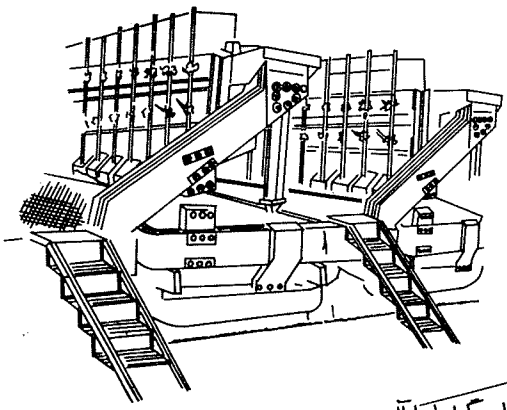
شکل ۱ : متوسط شدت میدان مغناطیسی در محلهای مختلف عرض کارگاه احیاء آلومینیوم در سه ارتفاع ، سر ، شکم و پای کارگر - وضعیت و موقعیت یک دیگ احیاء آلومینیوم (با اشل یک هزارم) نیز نشان داده شده است



کارگاه پاتروم (اشل ۱:۱۰۰)



وضعیت قرارگرفتن ۲۸ آند در هر دیگ (اشل ۱:۱۰)



نمای دیگهای احیاء آلومینیوم

شکل ۲- کارگاه پاتروم و دیگهای احیاء

جدول ۴ ــ متوسط شدت میدان مغناطیسی در نقاط مختلف کارگاه احیاء و تهیه آلومینیوم و مجاور آن.

	شرح وضعیت محل اندازه‌گیری در کارگاه	ارتفاع تقریبی از کف کارگاه (سانتیمتر)	شدت میدان (گوس)
۱	بالای پله در راهرو شرقی	۱۰۰	۱۳۰
۲	دومین پله از پائین در راهرو شرقی	۴۰	۸۵
۳	کف کارگاه در پائین پله	۱۰	۱۰۰
۴	بالای صفحه هادی مورب در راهروشرقی	۲۲۰	۱۲۰
۵	وسط صفحه هادی مورب در راهرو شرقی	۱۶۰	۲۵۰
۶	پائین صفحه هادی مورب در راهروشرقی	۱۰۰	۴۰۰
۷	کنار و جلو دیگ	۷۰	۱۰۰۰
۸	زیرصفحه‌های منفی و روی‌صفحه‌هادی قائم	۹۰	۱۰۰۰
۹	پائین صفحه هادی قائم	۶۵	۳۰۰
۱۰	دروسط‌کارگاه‌بین‌دوسری‌دیگ‌وروبروی‌درورودی	۱۵	۶۰
۱۱	راهرو بین دو کارگاه	۱۵	۲۵
۱۲	اطاق استراحت کارگران در کارگاه	۱۰۰	۲۰

نظربااینکه اکثرا" کارگران در کنار دیگها کار میکنند بنظر میرسد که آنها معمولا" در حین کار کردن در معرض حداکثر شدت میدان مغناطیسی قرار داشته باشند.

شکل ۲ همچنین وضعیت دیگها در کارگاه و قسمتی از خصوصیات و جزئیات دیگها را نشان میدهد.

بحث

همانطور که در ارائه نتایج بررسی نشان داده شد، کارگران در کنار دیگهای کارگاه تهیه آلومینیوم که عموما" محل کار تعداد زیادی از آنها میباشد در تماس با یک میدان مغناطیسی قابل‌توجهی قرار میگیرند. اما در مرکز کارگاه و بین دیگها، نظر باینکه عبور جریان الکتریکی در جهت‌های مختلف است، میدانهای مغناطیسی حاصل یکدیگر راخنثی و منتجه میدان حاصل شدت نسبتا" کمی خواهدداشت. نتیجه فوق قابل‌پیش‌بینی بوسیله محاسبات ریاضی با استفاده از قوانین فیزیکی نیز میباشد.

شدت میدانها با افزایش ارتفاع از کف کارگاه و از پا بطرف سر کارگاه بطور قابل ـ توجهی کاسته میشود، مگر در فواصل دو متری و کمتر از دیوارهای کنار کارگاه که عکس‌این مطلب صادق است یعنی شدت میدان از ارتفاع پا تا سر کارگر افزایش میباید.

کارگران معمولا" برای کنترل عملیات مختلف تولید درکنار دیگها میایستند ودراین محل‌ها و در ارتفاع شکم کارگر و بالاتر شدت میدان مغناطیسی حدود ۲۰۰ گوس است. به ویژه در جلو دیگها (راهرو شرقی کارگاه) شدت این میدان در اکثر نقاط حتی از ۲۰۰گوس نیز تجاوز میکند و در محلهای خاص اطراف صفحات هادی مایل و قائم که جریان‌اصلی از آنها بدیگها هدایت میشود شدت میدان از ۱۰۰۰ گوس هم بیشتر میشود. با توجه به حداکثر مجازی که ذکر میشود، کارگران این کارگاه بخصوص آنهائیکه موظف‌بانجام کارهای محوله در جلو و یا بین دیگها باشند با میدان مغناطیس بیش از حدمجاز در تماس‌خواهند بود. کارگرانیکه در بین دو دیگ، برای تعویض آندهائیکه در حدود وسط دیگ قراردارد، میایستند بخصوص در ارتفاع سر و صورت با میدان مغناطیسی فوق‌العاده کمی در تماس خواهند بود. بویژه اینکه مدت صرف وقت آنها در بین دیگها بعلت گرمای فوق‌العاده زیاد حدود دقیقه وکمتر است.

مطلب مهم بهداشتی قابل ذکر اینستکه تعدادی از کارگران، بخصوص در هنگامیکه هوای بیرون‌از کارگاه سرد باشد، علاوه بر ساعاتی که موظف بکار کنار دیگها هستنداوقات استراحت خود را هم در کارگاه میگذرانند و در کنار دیگها و در محلهائیکه در موقع این بررسی حاوی مواد شیمیائی متنوع و بعضی عوامل فیزیکی آسیب‌زا بود بصرف نوشیدنی و خوراکی، که گاهی در کناردیگ و بوسیله گرمای آن تهیه شده است، میپردازند.

بهرحال، بنظر میرسد که میدان مغناطیسی به تنهائی قادر باعمال اثرات سوء بر روی سیستمهای مختلف بدن کارگران باشد و سایر عوامل موجود در این کارگاه نیز بدون

شک این اثرات را تشدید میکنند . درنظر است که بزودی کارگران این کارگاه زیر پوشش مطالعات بهداشتی و پزشکی جامعی قرار بگیرند که در صورت تکمیل بررسیها نتایج آن متعاقبا " گزارش خواهد شد و در خلال آن گزارشها است که احتمالا " برای نشان دادن راه حلهای منطقی در کنترل عوامل زیان‌آور این محیط کار مجال بیشتری خواهد بود .

تشکر و قدردانی

از همکاریهای فنی ارزنده آقای عباس هزاوه سرپرست دپارتمان بهداشت و حفاظت صنعتی کارخانه ایرالکو ، دکتر محمدتقی توسلی استاد محترم گروه فیزیک دانشگاه تهران، و همکاران ایشان و نیز از توجه و علاقه اولیاء امورو کارگران کارخانه ایرالکو در انجام کارهای عملی این بررسی صمیمانه سپاسگزاری مینماید .

REFERENCES

1 . Barnothy, M.F.(ed)(1969): Biological Effects of Magnetic Fields. Vol.I & II, Plenum Press, New York.

2 . Barnothy, M.F. and Barnothy,J.M.(1974):Magnetobiology in Slonim, N.B.(ed): Environmental Physiology.TheV.V. Mosby Co., Saint Louis PP 313-349.

3 . Barnothy, J.M.; Barnothy, M.F. and Boszormeny-Nagi,I. (1956):Influence of a Magnetic Field Upon the Leukocytes of the Mouse. Nature 177: 577.

4 . Beischer, D.E. and Knepton, J.C.(1944): Influence of Strong Magnetic Fields on the Electrocardiogram of Squirrel Monkeys. Aerosp. Med. 35: 939.

5 . Beischer, D.E. and Reno, V.R.(1971): Magnetic Field and Man; Where Do We Stand Today? PP C-12-1-C-12-7 in AGARD Conference Proceedings N 95 Part III Special Biophysical Problems in Aerospace Medicine Aerospace Medical Panel Specialist Meeting. Luchon.France Sept. 30-Oct. 1 A.M. Pfister (ed).

6 . Eiselein, J.R. Boutell, H.M.; and Biggs(1961),:Biological Effects of Magnetic Field - Negative Results., Aerosp.Med. 32:283.

7 . Friedman, H. and Carey, R.J.(1969) : The effects of Magnetic Fields Upon Rabbit Brains. Physiol Behavior 4: 439.

8 . Gross, L. and Smith, L.W.(1961) : Effect of Magnetic Fields on Wound Healing in Mice. Fed. Proc. 20: 164.

9 . Halliday, D. and ResnicK, R.(1962):Physics - Part II, John Wiley & Sons, Inc., New york, London Sydney PP. 827-829.

10. Hanneman, G.D.(1967): Changes Produced in Urinary Sodium Potassium and Calcium Excretion in Mice Exposed to Homogenous Electromagnetic Stress. Aerosp. Med.38: 275.

11. Hanneman, G.D. and Reynolds R.J.(1967) : Observation on Urinary Cation Excretion in Mice Following Extended Exposure to a High Magnetic Foeld. Presented at the Aerospace Medical Association Annual Meeting, Washington,D.C.

12. Keeton, W.T.(1974): The Mystery of Pigeon Homing.

13. Ketchen. E.E.: Porter, W.E. and Bolton,N.E.(1978):The Biological Effects of Magnetic Fields on Man.Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 39:1-11.

14. Maclena, K.S.(1959): The Effect of Intense and Mild Permanent Magnetic Fields on CH_3 Strain Mice. Obstet Gynecol 14: 597.

15. Markuze, I.I., Ambartsumyan, R.G.; Chibrikin,V.M. and Piruzyan, L.A.(1973): Investigation of the PMP Action on the Alternation of the Electrolyte Concentration in the Blood and Organs of Animals. Izv. Akad. Nauk. SSSR. Ser. Biol. 2:281.

16. Murayama,M.(1965):Orientation of Sickled Erythrocytes

in a Magnetic Field. Nature 206: 420.

17. Rorvick, D.M.(1957): Do the French Have a cure for Cancer? Esquire 84:110.

18. Stern, A.C.(ed)(1969): Air Pollution,Vol.III Academic Press PP. 186-187.

رسید مقاله: بهمن ۱۳۵۹