

دراسة الخواص البصرية للعدسة المغناطيسية أحادية القطب الاسطوانية كعدسة مسطوية

م. أسعد أحمد كامل

كلية العلوم / جامعة ديالى

Abstract : الخلاصة :

يتضمن البحث دراسة خواص العدسة المغناطيسية أحادية القطب من معرفة توزيع كثافة الفيض المغناطيسي المحوري المقاسة عند تهيج ثابت للعدسة وتحت حالة عدم التشبع المغناطيسي ومن ثم بيان تأثير حجم فتحة وشكل القطب على هذه الخواص وكذلك دراسة التشويه الذي يحصل في الصورة التي تكونها العدسة المسطوية عند استخدامها كعدسة تكبير في المجهر الإلكتروني .

Abstract :

This Search study the property of the Single Cylindrical pole-piece magnetic lens from the axial flux density distribution at a constant excitation with unsaturated and study the pole shape effect and distortion to get the best Magnification for projector lens use in Electron Microscopy.

المقدمة : Introduction :

يحسب توزيع كثافة الفيض المحوري للعدسة المغناطيسية لنسب مختلفة من فتحة القطب Din/Dout عند تهيج ثابت من قانون أمبير الموضح في العلاقة الآتية (1)

$$\int_{Z_1}^{Z_2} B_B d_z = \mu_0 NI$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Henry. meter}^{-1}$ (وهي نفاذية الفراغ)

Bz كثافة الفيض المحوري على طول محور Z

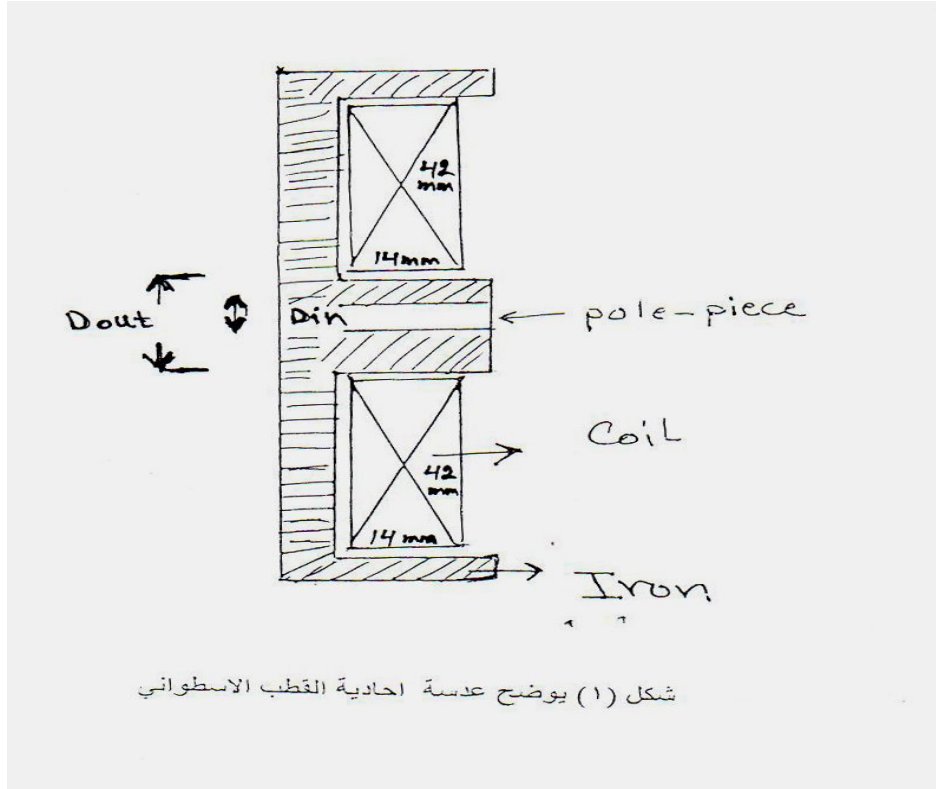
NI هي عدد الأمبير - لفة الناتجة لهذا المجال .

تمتاز العدسة الأحادية القطب باندفا كثافة الفيض المغناطيسي بعيدا عن تركيب العدسة وذلك لبروز قطبها خارج سطحها ولذلك يختلف توزيع المجال المغناطيسي في هذه العدسات عن العدسات ثنائية القطب وبالتالي تختلف صفاتها البصرية عن الصفات البصرية للعدسات ثنائية القطب (4)

الشكل (1) يوضح عدسة أحادية القطب الاسطواني ويدخل الملف ضمن تركيب هيد العدسة المصنوع من مادة متمغنطه إذ يوضع على بعد 1mm عن أقطاب العدسة . وفيها فتحة القطب Din تتغير بقيم مختلفة وفتحة القطب Dout تبقى ثابتة فتم تثبيت Dout بقيمة 10 mm . فتكون نسبة الفتحة Din/Dout تساوي 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ولم تؤخذ حسابات عن عدم وجود فتحة في القطب أي $Din/Dout = \text{صفر}$. يصمم قطب العدسة المغناطيسية الأحادية بأشكال مختلفة فتأثير شكل القطب وحجمه على الخواص البصرية للعدسة سيتم دراسته وبيان تأثيره .

ومن هذه الأشكال الكروي والمخروطي والاسطواني الذي هو شكل العدسة تحت البحث . ومن إدخال المعلومات الناتجة عن توزيع كثافة الفيض المغناطيسي المحوري في برامج حاسوبية يمكن إيجاد الخواص البصرية للعدسات المسقطية وهي البعد البؤري (Fp) ، معامل التشويه الشعاعي Drd ، معامل التشويه الحلزوني Dsp وعامل النوعية او اعلومة التشويه Qrd , Qsp .

ان البعد البؤري للعدسة المسقطية عامل مهم وعندما يكون أصغر مايمكن (Fp)min تعطي العدسة أعظم تكبير . ان اغلب العدسات المسقطية تنتج تشويهاً في الصورة لذلك فدراسة خواص العدسات المسقطية مهمة لأنها العدسة الأخيرة في المجهر الالكتروني . ان التشويه الحلزوني Dsp يصعب السيطرة عليه مقارنة مع التشويه الشعاعي (5.6)



كما يعتمد التشويه الشعاعي او الحلزوني لصورة المجهر الالكتروني على اعلومة التشويه Q ويمثل بالمعادلة الآتية :



$$p/p=Q^2(p/I)^2$$

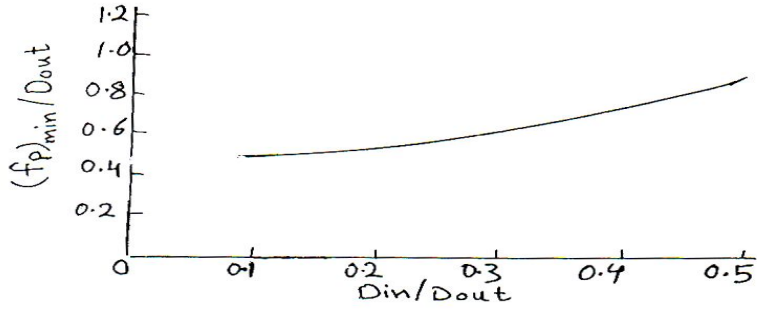
إذ إن I هي المسافة الإسقاطية
P الامتداد الشعاعي الكاوسي
ان صفات العدسات المسقطية الجيدة هي عندما تكون بأقل عامل نوعية Q والقيم القليلة
لهذا العامل تؤدي إلى تقليص البعد الإسقاطي I وبالتالي تقليص طول عمود المجهر
الالكتروني .

تعتمد الخواص البؤرية للعدسات المغناطيسية على عرض النصف لتوزيع كثافة
الفيض المغناطيسي المحوري حيث تمثل علاقة عرض النصف لتوزيع المجال مقسومة
على Dout مع نسبة الفتحة Din/Dout لعدسة أحادية القطب الاسطوانى بالعلاقة الآتية⁽³⁾
 $w/Dout = 0.4 (Din/Dout) + 0.56$

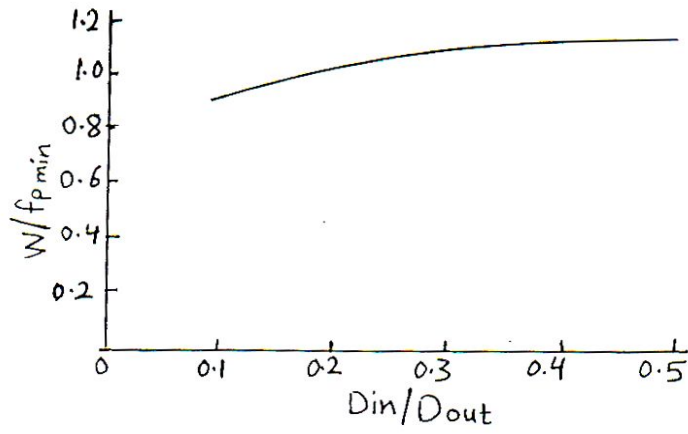
النتائج والمناقشة : Results and Discussion

الشكل (٢) يبين علاقة عرض النصف مقسومة على القيمة الصغرى للبعد البؤري
(Fp)min كدالة من نسبة الفتحة Din/Dout حيث استخدمت المعادلة الآتية :
 $w/(Fp)min=0.32(Din/Dout)^{0.45}+1$
التي بينها (Juma & Mulvey 1980)² إنها تنطبق على جميع العدسات الأحادية القطب
الاسطوانية حيث يلاحظ ان قيم w/Fpmin تزداد بزيادة نسبة الفتحة وتقل قيمتها عندما
Din/Dout اصغر من 0.2 .
الشكل (٣) يوضح تغير العلاقة بين (Fp)min/Dout إلى نسبة الفتحة Din/Dout حيث
استخدمت العلاقة :

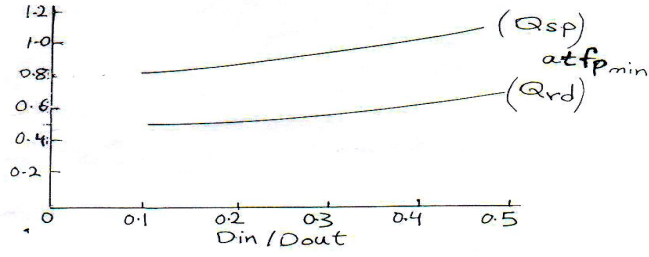
$$(Fp) min/ Dout = \left(\frac{0.4(Din/ Dout) + 0.56}{0.32(Din/ Dout)^{0.45} + 1} \right)$$



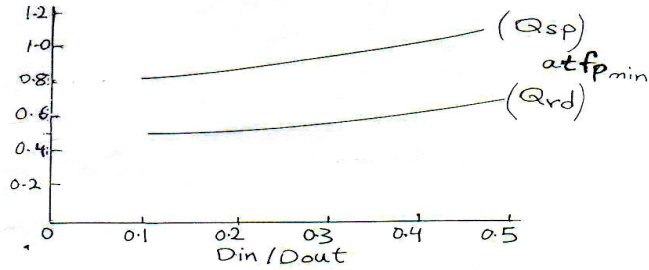
شكل (٣) تغير نسبة $(f_{p_{min}})$ الى D_{out} كدالة من نسبة الفتحة D_{in}/D_{out}



شكل (٢) تغير نسبة عرض النصف w الى $(f_{p_{min}})$ كدالة من نسبة الفتحة D_{in}/D_{out}



شكل (٦) تغير Q_{rd} ، Q_{sp} عند القيمة الصغرى للبعد البؤري $(f_p)_{min}$ كدالة من نسبة الفتحة D_{in}/D_{out}



شكل (٦) تغير Q_{rd} ، Q_{sp} عند القيمة الصغرى للبعد البؤري $(f_p)_{min}$ كدالة من نسبة الفتحة D_{in}/D_{out}

يلاحظ أن العدسة عند الفتحات القليلة تتأثر تأثيراً طفيفاً ثم تزداد قيم نسبة $(Fp)_{min}/D_{out}$ بزيادة الفتحة أي تزداد قيمتها عند الفتحات الكبيرة ولا تصل قيمته إلى (1). وهذا يدل إلى أن قيم $(Fp)_{min}/D_{out}$ لمختلف قيم نسبة الفتحة هي أقل من (1). وهذا ما يؤكد أن خصائص العدسة المسقطية تدرس عندما يكون البعد البؤري صغير $(Fp)_{min}$ للحصول على أعظم تكبير .

الشكلين (٤) (٥) تبين علاقة عامل النوعية عند قيمته الصغرى Q_{min} كدالة من نسبة الفتحة D_{in}/D_{out} ففي الشكل (٤) التغير $(Q_{sp})_{min}$ عند قيمة D_{in}/D_{out} تقع بين (0.1 إلى 0.2) يكون طفيفاً ثم يبدأ التغير بالزيادة عندما تصبح نسبة الفتحة أكبر من 0.2 ويتضح من الشكل (٥) أن قيم Q_{rd} أقل من قيم Q_{sp} وتغير Q_{rd} مع نسبة الفتحة هي نفس الشكل (٤) أي أن عامل النوعية Q_{min} لا يعتمد على شكل وحجم القطب كما بينت

الدراسات والبحوث انه ليس لشكل القطب أي تأثير عند تصميم عدسة مسقطية أحادية القطب (3)

الشكل (٦) يوضح علاقة Q_{sp} و Q_{rd} عند قيمة $(Fp)_{min}$ كدالة من نسبة الفتحة إذ يلاحظ أن التغيير فيها عند الفتحات القليلة اقل من 0.2 لكل من قيم Q_{sp} و Q_{rd} قليل جدا حتى يبين ان قيم Q_{rd} تبدو كأنها ثابتة . ثم تزداد القيم بزيادة نسبة الفتحة وبسبب هذه التغيرات المتقاربة لكل من Q_{sp} و Q_{rd} يمكن القول ان شكل القطب ليس معاملا هاما في تصميم العدسات المسقطية (3)

الاستنتاج : Conclusion

- ١- عندما يكون البعد البؤري للعدسة المسقطية اصغر مايمكن تعطي العدسة أعظم تكبير لذلك تؤخذ حسابات علومه التشويبه الحلزوني والشعاعي عند القيمة الصغرى له إذ بلغت قيمته $(Fp)_{min}/D_{out}$ لمختلف قيم نسبة الفتحة اقل من (1)
- ٢- ان نسبة عرض النصف w إلى Fp_{min} تزداد مع زيادة نسبة الفتحة فتزداد عند الفتحات العالية اكبر من 0.2 .
- ٣- ان قيم عامل النوعية $(Q_{sp})_{min}$ و $(Q_{rd})_{min}$ تكون قليلة التاثر عند نسبة الفتحة اقل من 0.2 أي تزداد عند الفتحات الكبيرة ويلاحظ ان Q_{min} لاتعتمد على شكل القطب . ولذلك يفضل في تصميم العدسة المسقطية الأحادية القطب الاسطواني ان تكون بفتحة قطب صغيرة للحصول على أحسن صورة وأفضل تكبير .

المصادر : References

- 1)- Juma S.M & Faisal A.D 1981
Properties of the axial flux density distribution of Magnetic Electron Lenses with a single cylindrical pole – piece.
Phys . E . sci Instrum VoL. 14
- 2)- Juma S.M & Mulvey .T 1980
The axial Field distribution of single – pole – piece lenses.
Inst . phy . con . ser 52.
- 3)- Juma S.M and AL- Nakeshli I.S 1982
Pole design in single pole – piece projector electron lenses.
Phy .E . Instrum VoL.16
- 4)- Marai F.Z & Mulveyi.T 1974
Electron optical characteristics of single pole Magnetic lenses.
Electron Microscopy VoL.1
- 5)- Marai F.Z & Mulvey .T 1977
Scherzer formula and the correction of spiral distortion in the electron Microscope . p 87 – 92
- 6)-Munro . E. 1997 .
Computational techniques for design of charged partical optical system . pp(1-76)