

The Study of Tolerance Analysis

鄭蕉杏、劉大銘

E-mail: 9419539@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Geometric tolerances and statistical tolerancing are both becoming widely accepted, it becomes important to be able to analyse geometric tolerances statistically. Monte Carlo Simulation method stems from the manufacturing practice where a prototype of a given assembly is built and assembled in order to test its tolerances and functionality, especially good for nonlinear relationship functions. This method is based on the use of a random number generator to simulate the effects of manufacturing variations on assemblies or parts. Two tolerance analysis examples including two-part assembly and two-hole and two-pin (THTP) assembly are analyzed. The first is compared and show good agreement with the exist data, and the latter used two situations, dimensional tolerance and geometric tolerance, to state the functional requirements for assemble. A comparison of the analysis results for the worst case, RSS, and this statistical approach are discussed. The approach and results are applied to the THTP tolerance allocation.

Keywords : tolerance analysis, Monte Carlo Simulation, statistical

Table of Contents

目錄	封面	內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	v	英文摘要	vi	誌謝	vii	目錄	viii	圖目錄	xi	表目錄	xiv	第一章 緒論	1	1.1 研究動機	1	1.2 研究目的及範圍	2	1.3 研究背景	3	第二章 文獻回顧	2.1 文獻回顧	6	第三章 理論說明	3.1 公差類型	10	3.1.1 尺寸公差	10	3.1.2 幾何公差	10	3.1.3 靜態公差及動態公差	12	3.2 配合	14	3.2.1 配合種類	14	3.2.2 配合制度	14	3.2.3 配合公差符號	15	3.3 材料條件	16	3.4 特徵及特徵架構	18	3.5 公差區間狀態	19	3.5.1 公差區間狀態的表示方法	19	3.5.2 線性正位度與幾何正位度公差的差異	19	3.6 額外公差	20	3.7 最差狀況分析模式	21	3.8 平方合之平方根法	22	3.9 蒙地卡羅模擬法	23	3.9.1 平均值、變異數與標準差	28	3.9.2 中央極限定理	29	3.9.3 相關模擬分佈	30	3.9.4 估計式	34	3.9.5 樣本數	34	3.10 軍用標準105E 抽樣	35	3.10.1 驗收抽樣	36	3.10.2 軍用標準105E	36	3.11 公差配置	39	3.11.1 關鍵工件計算	39	第四章 分析實例	4.1 二件裝配	42	4.1.1 蒙地卡羅公差分析	42	4.1.2 統計查表法	47	4.1.3 最惡法及RSS	48	4.1.4 結果討論	49	4.2 THTP 裝配尺寸公差分析	50	4.2.1 最惡法	51	4.2.2 RSS 法	52	4.2.2 MCS 法	53	4.3 THTP 裝配幾何公差分析	58	4.3.1 方法說明	58	4.3.2 分析過程	64	4.3.3 結果討論	71	4.4 公差配置	72	4.4.1 關鍵公差之計算	72	4.4.2 公差配置之執行	73	第五章 結論	5.1 結論	77	5.2 未來展望	78	參考文獻	79	附錄A	83	附錄B	84	圖目錄	圖1.1 CAD 公差分析及合成概念圖	3	圖3.1 基孔制配合	15	圖3.2 基軸制配合	15	圖3.3 特徵控制架構	18	圖3.4 圓形公差區間	19	圖3.5 非圓形公差區間	19	圖3.6 線性與幾何正位度公差	20	圖3.7 Bonus 公差的概念	21	圖3.8 蒙地卡羅法估算不規則面積	24	圖3.9 不同尺寸與裝配機能需求	25	圖3.10 蒙地卡羅模擬流程圖	27	圖3.11 蒙地卡羅法的應用	28	圖3.12 不同之常態分佈曲線	31	圖3.13 常態分佈曲線與中間機率關係圖	32	圖3.14 公差合成流程圖	41	圖4.1 二件裝配	42	圖4.2 二件裝配的分佈假設	43	圖4.3 二件裝配模擬條件輸入	44	圖4.4 二件裝配模擬初步結果	44	圖4.5 二件裝配信賴次數模擬條件輸入	45	圖4.6 二件裝配信賴次數模擬結果	45	圖4.7 L1 尺寸分佈圖	46	圖4.8 L2 尺寸分佈圖	46	圖4.9 二件裝配機率分佈圖	47	圖4.10 THTP 之配合	50	圖4.11 THTP 之極值配合(一)	51	圖4.12 THTP 之極值配合(二)	52	圖4.13 THTP 初步模擬輸入	54	圖4.14 THTP 初步模擬結果	55	圖4.15 THTP 模擬	55	圖4.16 二次模擬結果	56	圖4.17 THTP 模擬報表	57	圖4.18 銷1及銷2 尺寸分佈圖	57	圖4.19 孔1及孔2 尺寸分佈圖	58	圖4.20 銷及孔中心距尺寸分佈圖	58	圖4.21 THTP 裝配例子	59	圖4.22 位置公差的表示	59	圖4.23 THTP 大小及定位關係圖	61	圖4.24 二孔的圓心距離	61	圖4.25 Shan 的分析結果	62	圖4.26 THTP 模擬分析流程圖	63	圖4.27 初步模擬	65	圖4.28 初步模擬結果	65	圖4.29 再次模擬輸入	66	圖4.30 再次模擬結果	66	圖4.31 銷1 尺寸及正位度偏差分佈	67	圖4.32 銷2 尺寸及正位度偏差分佈	67	圖4.33 孔1 尺寸及正位度偏差分佈	67	圖4.34 孔2 尺寸及正位度偏差分佈	68	圖4.35 銷1 尺寸及正位度偏差分佈	69	圖4.36 銷2 尺寸及正位度偏差分佈	70	圖4.37 孔1 尺寸及正位度偏差分佈	70	圖4.38 孔2 尺寸及正位度偏差分佈	70	圖4.39 結果比較	71	圖4.40 正位度偏移角度與中心距關係圖	72	圖4.41 公差配置之條件輸入	74	圖4.42 公差配置執行過程	75	圖4.43 RFS 公差配置執行結果說明	75	圖4.44 MMC 公差配置結果說明	76	表目錄	表3.1 幾何公差之圖號及圖例	13	表3.2 配合類型	16	表3.3 材料條件及其使用符號	18	表3.4 樣本大小代碼	37	表3.5 單一抽樣法之正常檢驗	38	表4.1 模擬條件	42	表4.2 二件裝配105E 檢驗條件	43	表4.3 不同方法之機能需求與裝配率	49	表4.4 機能需求與裝配率	49	表4.5 THTP 之配合條件	51	表4.6 模擬結果	58	表4.7 模擬條件	65	表4.8 RFS 模擬結	69	表4.9 MMC 模擬結	70	表4.10 公差配置之條件	75
----	----	----	-----	-----	-----	------	---	------	----	----	-----	----	------	-----	----	-----	-----	--------	---	----------	---	-------------	---	----------	---	----------	----------	---	----------	----------	----	------------	----	------------	----	-----------------	----	--------	----	------------	----	------------	----	--------------	----	----------	----	-------------	----	------------	----	-------------------	----	------------------------	----	----------	----	--------------	----	--------------	----	-------------	----	-------------------	----	--------------	----	--------------	----	-----------	----	-----------	----	------------------	----	-------------	----	-----------------	----	-----------	----	---------------	----	----------	----------	----	----------------	----	-------------	----	---------------	----	------------	----	-------------------	----	-----------	----	-------------	----	-------------	----	-------------------	----	------------	----	------------	----	------------	----	----------	----	---------------	----	---------------	----	--------	--------	----	----------	----	------	----	-----	----	-----	----	-----	---------------------	---	------------	----	------------	----	-------------	----	-------------	----	--------------	----	-----------------	----	------------------	----	-------------------	----	------------------	----	-----------------	----	----------------	----	-----------------	----	----------------------	----	---------------	----	-----------	----	----------------	----	-----------------	----	-----------------	----	---------------------	----	-------------------	----	---------------	----	---------------	----	----------------	----	----------------	----	---------------------	----	---------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	---------------	----	--------------	----	-----------------	----	-------------------	----	-------------------	----	-------------------	----	-----------------	----	---------------	----	---------------------	----	---------------	----	------------------	----	--------------------	----	------------	----	--------------	----	--------------	----	--------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	---------------------	----	------------	----	----------------------	----	-----------------	----	----------------	----	----------------------	----	--------------------	----	-----	-----------------	----	-----------	----	-----------------	----	-------------	----	-----------------	----	-----------	----	--------------------	----	--------------------	----	---------------	----	-----------------	----	-----------	----	-----------	----	--------------	----	--------------	----	---------------	----

REFERENCES

- [1] P.F. Ostwald, and J.Huang, , “ A Method for Optimal Tolerance Selection ” ,Journal of Engineering for Industry,ASME,Vol.99, pp.558~565,1977.
- [2] A. Shan, R. N. Roth and R.J. Wilson, “ A New Approach to Statistical Geometrical Tolerance Analysis ” ,Int J. Adv Manuf Technol,1999, pp.222-230.
- [3] C. G. Glancy and K. W. Chase, “ A SecondOrder Method for Assembly Tolerance Analysis ” ,Proceeding of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences,1999,pp.1-12.
- [4] M.F. Spotts, “ Allocation of Tolerances to Minimize Cost of Assembly ” ,Journal of Engineering for Industry, ASME, Vol.95, 1973, pp.762-764.
- [5] W. H. Green Wood and K. W. Chase, “ A New Tolerance Analysis Method for Designers and Manufacturers ” , Transactions of The ASME Journal of Engineering for Industry Vol.109.MAY,1987, pp.112-116.
- [6] C. Germer, Ulli Hansen, Hans-Joachim Franke and Stephands Buttgenbach, “ Computer Aided Tolerance Analysis and Synthesis in Micro System(μ -ToAST) ” , Analog Integrated Circuits and Signal Processing,2004,pp.131-140.
- [7] R. J. Gerth and W. M.Hancock, “ Computer Aided Tolerance Analysis for Improved Process Control ” ,Computer & Industrial Engineering 38,2000,pp.1-19.
- [8] D. Coon, “ Comparison of Coaxial Controls ” , MechNew S,Oct, 2003.
- [9] L.C.R Carpinetti and D.G.Chetwynd, “ Genetic Search Methods for Assessing Geometric Tolerances ” ,Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 122 ,1995,pp.193-204.
- [10] Chase K,Gao J,Magleby S, Sorensen C, “ Including geometric feature variation in tolerance analysis of mechanical assemblies ” ,IIE Transaction 28,,1996,pp.795-807.
- [11] G.H.Sutherland, and B.Roth, “ Mechanism Design: Accounting for Manufacturing Tolerance and Cost in Function Generating Problems ” , Journal of Engineering for Industry,ASME,Vol.97 ,1975, pp.283-286.
- [12] Joshua U Turner, “ New Method for Tolerance Analysis in Solid Modeling ” ,IEEE,1988,pp.306-214.
- [13] M. Marseguerra and E. Zio , “ Optimizing maintenance and repair policies via a combination of genetic algorithms and Monte Carlo simulation ” ,Reliability Engineering and System Safety, 68, 2000, pp.69~83.
- [14] B.K.A.Ngoi and Ong Jon Min, “ Optimum Tolerance Allocation in Assembly ” ,Int J Adv Manuf Technol,1999,pp.660-665.
- [15] S. D Nigam and J. U Turner, “ Review of Statistical Approaches to Tolerance Analysis ” ,Computer-aided Design Volume 27 Number 1 January , 1995 , pp.6-15.
- [16] Z. Dong and A. Soom , “ Some application of artificial intelligence techniques to automatic tolerance analysis and synthesis ” , AI in design , 1991, pp.101-124.
- [17] S. Lee and C. Yi, “ Statistical Tolerance and Clearance Analysis for Assembly ” ,IEEE,1996,pp.688-695.
- [18] Shui-Shun Lin , Hsu-Pin (Ben)Wang and Chun (Chuck) Zhang, “ Statistical Tolerance Analysis Based on Beta Distributions ” ,Journal of Manufacturing Systems Vol.16/NO.2, 1997 ,pp.150-157.
- [19] A O Nassef and H A ElMaraghy, “ Towards a Less Conservative Analysis of Geometric Tolerances ” , Proc Instn Mech Engrs Vol215 Part B,2001,pp.37-45.
- [20] S. Lee and C. Yi, “ Tolerance Analysis for Assembly Planning ” ,IEEE,1994,pp.306-311.
- [21] Bryan Ngoi Kok Ann and Michael Seow Mgaw Seng, “ Tolerance Synthesis Adopting a Nonlinear Programming Approach ” ,Int J Adv Manuf Technol,1996,pp.287-292.
- [22] Mu-Chen Chen, “ Tolerance Synthesis by Neural Learning and Nonlinear Programming ” ,Int. J. Production Economics 70, 2001, pp.55-65.
- [23] Victor J Skoronski and Joshua U Turner, “ Using Monte Carlo Variance Reduction in Statistical Tolerance Synthesis ” , Computer Aided Design, VOL.29,NO.1,,1997,pp.63-69.
- [24] O. BJORKE, “ Computer aided tolerancing ” , 2nd Edition, ASME Press,1989.
- [25] Douglas C. Montgomery, “ Introduction to Statistical Quality Control 4th Edition ” ,John Wiley & Sons.Int,2001.
- [26] Alex Krulikowski, “ Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing ” ,Delmar Publishers Inc. ,1991.
- [27] Mike Fitzpatrick, “ Working Skills in Geometric Dimensioning and Tolerancing ” , Delmar Publishers Inc. ,1993.
- [28] 侯靖男, “ 公差分析與公差敏感度分析在產品設計之應用 ” ,國立中興大學機械工程研究所碩士論文,1996。
- [29] 周清秀, “ 裝配公差配置設計研究 ” ,國立中央大學機械工程研究所碩士論文,1995。
- [30] 許旭民, “ 統計公差模型建立與分析 ” ,國立成功大學機械工程研究所碩士論文,1999。
- [31] 張天津, “ 機械製圖(上) ” ,全華科技圖書股份有限公司, 1991。
- [32] 彭明柳, “ Visual Basic 6 中文專業版徹底研究 ” ,博碩文化, 2000。